

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA**  
**HORNICKO-GEOLOGICKÁ FAKULTA**  
**Institut geoinformatiky**

**ANALÝZA A VIZUALIZÁCIA OPTIMÁLNYCH TRÁS PRE  
PRÍSTUP ZÁCHRANNÝCH TÍMOV K PODZEMNÝM  
ZÁSOBNÍKOM ZEMNÉHO PLYNU**

**DIPLOMOVÁ PRÁCA**

Autor:  
Vedúci diplomovej práce:

**Bc. Igor Olejník**  
**Ing. Tomáš Peňáz, Ph. D.**

**OSTRAVA 2016**

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Hornicko-geologická fakulta  
Institut geoinformatiky

## Zadání diplomové práce

Student:

**Bc. Igor Olejník**

Studijní program:

N3654 Geodézie, kartografie a geoinformatika

Studijní obor:

3608T002 Geoinformatika

Téma:

**Analýza a vizualizace optimálních tras pro přístup záchranných týmů k  
podzemním zásobníkům zemního plynu**  
**Analysis and Visualization of Optimal Routes for Rescue Teams Access  
to Underground Gas Storage Facilities**

Jazyk vypracování:

čeština

Zásady pro vypracování:

**Použitelné datové zdroje:**

- důlně měřická dokumentace modelového území

**Úkoly:**

- 1) Seznamte se s problematikou údržby sond podzemních zásobníků zemního plynu a s problematikou záchranných prací v případě krizových situací na objektu podzemního zásobníku zemního plynu.
- 2) Navrhněte datový model pro evidenci dojezdových tras k sondám podzemních zásobníků zemního plynu. Při návrhu se soustřeďte na vhodnost modelu pro následné provádění analytických úloh, směřujících k optimalizaci tras záchranných složek.
- 3) Datový model realizujte v prostředí vhodného programového nástroje a naplňte databázi potřebnými údaji pro provádění síťových analýz. Datový model aplikace vhodným způsobem dokumentujte.
- 4) Navrhněte optimální dojezdové trasy pro dopravu záchranných složek k sondám podzemních zásobníků zemního plynu. Proveďte porovnání tras, s nimiž se v současnosti počítá pro dopravu záchranných složek na místo havárie, s optimalizovanými trasami.
- 5) Vytvořte tematické mapy pro vizualizaci stávajících i navržených tras záchranných složek.

**Rozsah grafických prací:**  
dle potřeby

**Rozsah původní zprávy:**  
30 - 50 stran textu

Seznam doporučené odborné literatury:

**Knihy**

Demel, J.: *Grafy a jejich aplikace*. Academia, Praha, 2002.

Dent, B.D.: *Cartography. Thematic map design*. 5. vyd., McGraw-Hill, 1999.

Chou, Y. H.: *Exploring Spatial Analysis in Geographic Information Systems*, ONWORD, 1997.

Voženílek, V.; Kaňok, J.: *Metody tematické kartografie. Vizualizace prostorových jevů*. Nakladatelství UP Olomouc, 2011.

**Doktorské disertační práce**

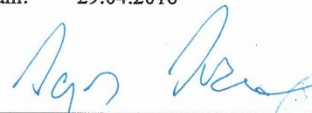
Morgannwg, P.: *The Use of GIS for Effective and Efficient Emergency Management: A case study of the Cardiff Fire Services in South Wales*. University of Glamorgan.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

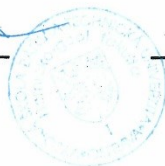
Vedoucí diplomové práce: **Ing. Tomáš Peňáz, Ph.D.**

Datum zadání: 30.10.2015

Datum odevzdání: 29.04.2016



Ing. Igor Ivan, Ph.D.  
vedoucí institutu



prof. Ing. Vojtech Dirner, CSc.  
děkan fakulty

## Čestné prehlásenie

- Celú diplomovú prácu, vrátane príloh, som vypracoval samostatne a uviedol som všetky použité podklady a literatúru. Bol som zoznámený s tým, že na moju diplomovú prácu sa plne vzťahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, najmä § 35 – využitie diela v rámci občianskych a náboženských obradov, v rámci školských predstavení a využitií diela školného a § 60 – školské dielo.
- Beriem na vedomie, že Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava (ďalej len VŠB-TUO) má právo nezarábajúce, ku svojej vnútornej potrebe, diplomovú prácu využiť (§ 35 odst.3)
- Súhlasím s tým, že jeden výtlačok diplomovej práce bude uložený u vedúceho diplomovej práce. Súhlasím s tým, že údaje o diplomovej práci, obsiahnuté v Zázname o záverečnej práci, umiestnenom v prílohe mojej diplomovej práce, budú zverejnené v informačnom systéme VŠB-TUO.
- Súhlasím s tým, že diplomová práca je licencovaná pod Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported licenciou. Pre zobrazenie kópie tejto licencie, je možné navštíviť <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>
- Bolo zjednané, že s VŠB-TUO, v prípade záujmu o komerčné využitie z jej strany, uzatvoria licenčnú zmluvu s oprávnením využiť dielo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- Bolo zjednané, že využiť svoje dielo – diplomovú prácu alebo poskytnúť licenciu k jej komerčnému využitiu môžem len so súhlasom VŠB, ktorá je oprávnená v takom prípade od mňa požadovať primeraný príspevok na úhradu nákladov, ktoré boli VŠB-TUO na vytvorenie diela vynaložené (až do ich skutočnej výšky).

V Ostrave dňa

Bc. Igor Olejník

.....

podpis

Tu by som rád poďakoval vedúcemu práce Ing. Tomášovi Peňázovi, Ph. D., za správne nasmerovanie, odborné vedenie, trpezlivosť a cenné rady pri spracovaní diplomovej práce. Takisto patrí poďakovanie mojej rodine, ktorá ma podporovala po celú dobu štúdia na vysokej škole ako aj pri spracovaní tejto diplomovej práce

## **ANOTÁCIA**

V úvodnej, teoretickej, časti práce je v krátkosti uvedený profil ťažobnej organizácie – hlavný predmet činnosti, najdôležitejšie právne normy a predpisy, v rámci ktorých podniká a stručný opis problematiky záchranných prác na sondách podzemného zásobníka plynu.. V ďalšej časti sú popísané modely všeobecne používané v GIS, ako aj prehľad organizáciou používaných vektorových dátových formátov. V praktickej časti je popísané modelovanie cestnej siete, predovšetkým k ťažobným a technologickým objektom organizácie, pomocou sieťových analýz. Na základe vytvoreného modelu boli vykonané analýzy dojazdnosti vozidiel Hlavnej banskej záchranej služby a Hasičskej záchranej služby z ich staníc, ako aj od vhodných zdrojov vody pre prípady krízových situácií, k jednotlivým objektom. Súčasne boli vytvorené účelové mapy so sieťami prístupových komunikácií – zo stanice HBZS k objektom organizácie ako aj od zdrojov vody k sondám a osobitne pre prevádzkovú činnosť organizácie.

### **Kľúčové slová:**

Geografický informačný systém, sieťová analýza, havarijný plán, prístupové cesty

## **ABSTRACT**

The introductory and theoretical part includes a short profile of the mining organization i.e. the core business, the most important laws and regulations under which it operates, a brief description of the issue of rescue work on wells underground gas storage facility. The next section describes a models commonly used in GIS and the overview of used vector data formats by the organization as well. The practical part describes the modelling of the road network especially to mining and technological objects of organization via the network analysis. The analyses of the endurance distance of vehicles of the Main Mining Rescue Service (HBZS) and the Fire Rescue Service from their stations and availability of water sources for crisis situations to individual objects have been done on the basis of the established model. At the same time the thematic maps have been created which includes a network of access roads from the station of HBZS to the objects of the organization and from the water sources to the wells and specifically for the operational activities of the organization.

### **Key words:**

geographic information system, network analyst, Emergency Plan, access roads

## OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD.....</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>CHARAKTERISTIKA SPOLOČNOSTI.....</b>	<b>11</b>
2.1	ORGANIZAČNÁ ŠTRUKTÚRA .....	11
2.2	ÚZEMNÝ ROZSAH PÔSOBNOSTI .....	13
<b>3</b>	<b>PODZEMNÝ ZÁSOBNÍK ZEMNÉHO PLYNU .....</b>	<b>14</b>
<b>4</b>	<b>BEZPEČNOSŤ PREVÁDZKY PZZP.....</b>	<b>17</b>
4.1	HBZS.....	18
<b>5</b>	<b>ZÁCHRANNÉ PRÁCE NA PZZP .....</b>	<b>19</b>
5.1	HAVARIJNÝ PLÁN .....	19
5.2	HAVARIJNÝ PLÁN PRE PRÍPAD VZNIKU ERUPCIE .....	20
5.3	VÝZNAM SIEŤOVÝCH ANALÝZ .....	22
<b>6</b>	<b>FORMÁTY VEKTOROVÝCH DÁT .....</b>	<b>26</b>
6.1	FORMÁT VEKTOROVÝCH DÁT SW KOKEŠ (MISYS).....	26
6.2	FORMÁT VEKTOROVÝCH DÁT SW ESRI ARCGIS.....	26
6.2.1	<i>Coverage</i> .....	27
6.2.2	<i>Shapefile</i> .....	27
6.2.3	<i>Geodatabase</i> .....	28
<b>7</b>	<b>DÁTOVÝ MODEL.....</b>	<b>29</b>
7.1	ENTITA .....	29
7.2	KARDINALITA .....	30
<b>8</b>	<b>TEÓRIE GRAFOV A SIEŤOVÉ ANALÝZY V GIS .....</b>	<b>31</b>
8.1	SIEŤOVÉ MODELY V ARCGIS.....	32
8.1.1	<i>Sieťový dataset</i> .....	32
8.1.2	<i>Geometrická sieť</i> .....	33
<b>9</b>	<b>ZDROJE DÁT A ICH PRÍPRAVA .....</b>	<b>35</b>
9.1	GEODATABÁZA A DÁTOVÝ MODEL .....	39
9.2	VYTVORENIE RASTROVÉHO DATASETU .....	42

9.3	KONTROLA TOPOLOGIE .....	43
9.4	VYTVORENIE SIEŤOVÉHO DATASETU .....	44
<b>10</b>	<b>VIZUALIZÁCIA PRÍSTUPOVÝCH CIEST K OBJEKTOM.....</b>	<b>45</b>
10.1	ANALÝZA DOBY DOJAZDOV OD STANICE ZÁCHRANNÝCH ZLOŽIEK K OBJEKTOM .....	45
10.2	VYTVORENIE OPTIMÁLNYCH TRÁS PRÍSTUPOVÝCH KOMUNIKÁCIÍ .....	51
10.3	TRASY KOMUNIKÁCIÍ OD STREDÍSK K PRÍSLUŠNÝM SONDÁM .....	53
10.4	TRASY KOMUNIKÁCIÍ OD ZDROJOV VODY K SONDÁM.....	54
<b>11</b>	<b>ZÁVER.....</b>	<b>56</b>
<b>POUŽITÁ LITERATÚRA</b>		
<b>ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK</b>		
<b>ZOZNAM OBRÁZKOV</b>		
<b>ZOZNAM TABULIEK</b>		
<b>ZOZNAM PRÍLOH</b>		



## 1 ÚVOD

Bezpečnosť prevádzky podzemného zásobníka zemného plynu patrí medzi dôležité faktory ako pre zabezpečenie energetickej bezpečnosti štátu, tak aj z pohľadu ochrany zdravia obyvateľstva a životného prostredia. Prevencia vzniku havárie a znižovanie rizika je základnou povinnosťou všetkých zainteresovaných osôb, zúčastňujúcich sa, či už priamo alebo nepriamo na prevádzke podzemného zásobníka.

Prevádzkové činnosti je potrebné vykonávať tak, aby bolo zaistené dodržiavanie požiadaviek bezpečnosti prevádzky v rámci všetkých aktivít na všetkých úrovniach a v každej fáze prevádzky PZZP.

Podporu pri týchto činnostiach, ako aj likvidáciu havárií a ich následkov vykonáva pre spoločnosť NAFTA a.s. zložka integrovaného záchranného systému SR – Hlavná banská záchranná služba, ktorá vznikla v roku 1984 po rozsiahlej legislatívnej a personálnej príprave.

Táto dostala za úlohu koordinovať a riadiť banskú záchrannú službu pri činnostiach spojených s ťažbou a dobývaním uhľovodíkových nerastov a podzemným uskladňovaním zemného plynu. K tejto činnosti patrí neoddeliteľne zaistovanie nepretržitej pohotovostnej služby a vykonávanie prác v nedýchatelnom a zdraví škodlivom prostredí na pracoviskách.

Včasný zásah HBZS pri nebezpečných situáciách v rámci prevádzky PZZP ako aj ťažobnej činnosti, je jedným z najdôležitejších faktorov pre zdolanie havárie a obmedzenie jej následkov s cieľom stanovenia rýchlych opatrení smerujúcich k záchrane života osôb a majetku v prípade ich vzniku.

## 2 CHARAKTERISTIKA SPOLOČNOSTI

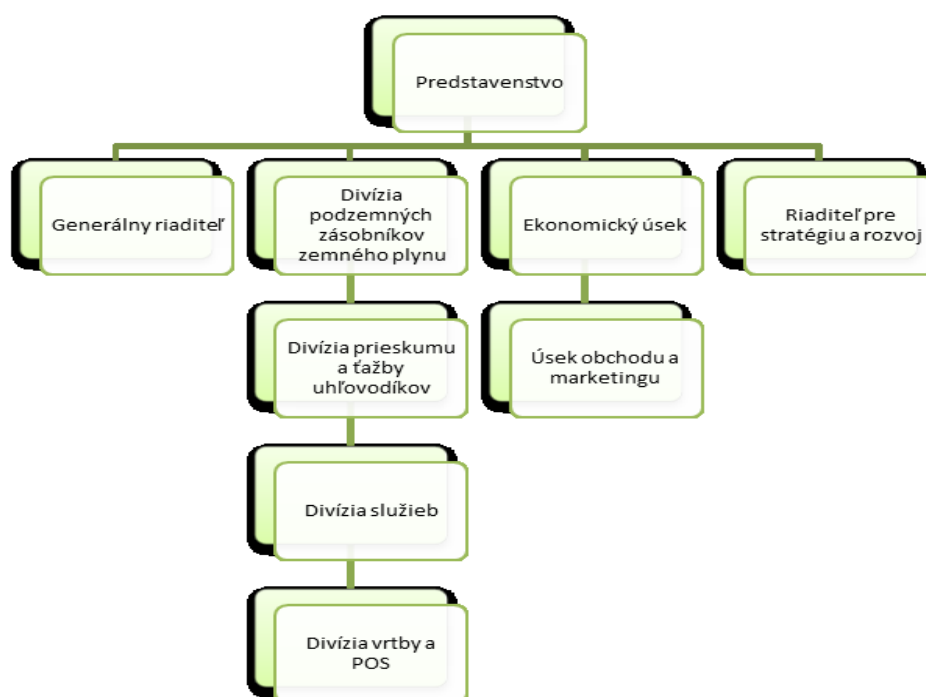
Spoločnosť NAFTA a.s. (ďalej „spoločnosť“), je akciová spoločnosť so sídlom v Bratislave.

Medzi hlavné predmety činnosti patrí:

- V zmysle [1] *vyhľadávanie a prieskum ložísk vyhradených nerastov*. Tento predpis upravuje okrem iného podmienky vykonávania geologických prác v prieskumných územiach, ktoré určuje rozhodnutím Ministerstvo životného prostredia SR.
- *otvárka, príprava a dobývanie uhľovodíkov, ich úprava a zušľachtovanie*, kde sa tieto práce realizujú predovšetkým na základe [2]. Účelom tohto zákona je najmä ustanovenie zásad ochrany a racionálneho využívania nerastného bohatstva, ktoré spoločnosť využíva na určenie chránených ložiskových území a následne dobývacích priestorov pre racionálne vydobytie ložiska
- *poskytovanie služieb uskladňovania plynu a odpadov* v podzemných a pozemných priestoroch, ktoré sú okrem iného definované v zmysle [2] ako uskladňovanie plynov alebo kvapalín v prírodných horninových štruktúrach a v podzemných priestoroch
- *banská činnosť a činnosť vykonávaná banským spôsobom*, pre ktoré definuje podmienky vykonávania činnosti [3]

### 2.1 Organizačná štruktúra

Z dôvodu rozsiahleho pôsobenia spoločnosti boli vytvorené relatívne samostatné organizačné štruktúry – divízie, ktorých prednosťou je vysoká flexibilita a schopnosť prispôbiť sa zmenám externého prostredia. Organizačná štruktúra útvarov spoločnosti a vzťahov medzi nimi, ktorá bola vytvorená pre účinné a efektívne riadenie je zobrazená na Obr. č. 1



Obr. č. 1 Organizačná štruktúra spoločnosti

Hlavné činnosti spoločnosti zabezpečujú dve divízie:

- divízia podzemných zásobníkov zemného plynu (ďalej „D PZZP“)
- divízia prieskumu a ťažby (ďalej „D PaŤ“)

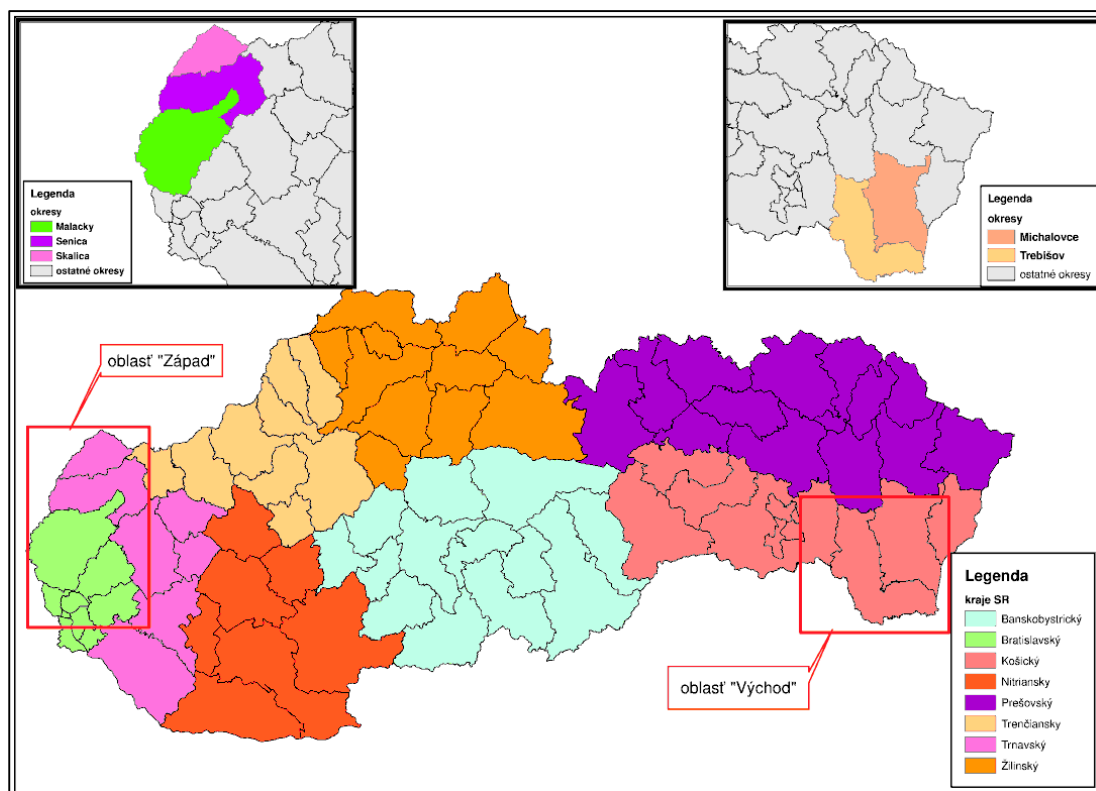
Podporné činnosti (napr. realizácia investičnej činnosti, správa pozemkových náležitostí a banskomeračskej dokumentácie, údržba technologických zariadení, výkon banskej záchranej služby, vrtné práce, podzemné opravy vystrojenia sond) pre spoľahlivú, bezpečnú a efektívnu činnosť divízií PZZP a PaŤ vykonávajú:

- divízia služieb (ďalej „DS“)
- divízia vrtby a podzemných opráv sond (ďalej „D POSaV“)

Všetky sondy a technologické zariadenia, týkajúce sa ako uskladňovania zemného plynu, tak aj ťažby kvapalných a plyných uhľovodíkov, sú v majetku kľúčových divízií – D PZZP a D PaŤ. Obslužné a administratívne objekty sa evidujú v majetku DS.

## 2.2 Územný rozsah pôsobnosti

Územná pôsobnosť spoločnosti, zobrazená na *Obr. č. 2* pri vykonávaní hlavných činností pokrýva časť územia západného (bezprostredne pri štátnej hranici s Rakúskom, resp. Českou republikou) ako aj východného Slovenska (v blízkosti štátnych hraníc s Maďarskom a Ukrajinou). Podľa územnosprávneho členenia sa dotýka troch krajov (Bratislavský, Trnavský, Košický), piatich okresov a cca dvadsiatich obcí.



Obr. č. 2 Územný rozsah pôsobnosti spoločnosti

### 3 PODZEMNÝ ZÁSOBNÍK ZEMNÉHO PLYNU

Podzemné zásobníky zemného plynu slúžia podľa [4] predovšetkým na:

- vykryvovanie sezónnych rozdielov v spotrebe plynu – v letnom období je spotreba zemného plynu nižšia - v potrubíach pri preprave vytlačeného plynu vzniká nespotrebovaný prebytok, ktorý je nevyhnutné uskladniť (vtlačiť) do zásobníka naopak v zimnom období je spotreba niekoľkonásobne vyššia - zo zásobníka sa doplní na potrebnú úroveň (vyťaží)
- zabezpečenie spoľahlivosti zásobovania plynom v prípade výpadkov dodávok plynu

Umiestnenia zásobníka je závislé od splnenia geologických kritérií, t. j. existencia vhodných horninových štruktúr, v ktorých je prázdny priestor vhodný pre uskladnenie plynu s vysokou priepustnosťou, ktorá je jedným z predpokladov vyšších vtláčno-ťažobných výkonov. Najčastejšie je to hornina, ktorá bola v minulosti ložiskom plynu alebo ropy, a po ich vytlačení sa tento priestor uvoľnil pre uskladnenie plynu. Nevyhnutná je blízkosť a pripojenie zásobníka do prepravnej siete (t.j. potrubí pre medzinárodnú prepravu plynu) a (alebo) distribučnej siete (t.j. potrubí pre dopravu plynu ku konečným spotrebiteľom).

Vtláčanie plynu do zásobníka sa realizuje potrubiami, ktorými sa plyn dopravuje, k zariadeniam zásobníka. Plyn najskôr prejde nadzemnými zariadeniami, kde je potrebné pomocou filtrácie zbaviť ho pevných a kvapalných nečistôt, zmerať jeho množstvo a prípadne i regulovať prietok. Väčšinou je potrebné tlak plynu zvýšiť, aby sa pomocou kompresorov, ako súčasťou nadzemej technológie, dokázal pretlačiť do hĺbky, v ktorej je samotné ložisko. Sieťou potrubí sa plyn dostane až k sondám. Sondy sú vystrojené vrty, ktoré prepájajú povrchovú technológiu s podzemnou štruktúrou a sú určené na prepravu plynu medzi povrchom a ložiskom.

Pri ťažbe sa plyn z ložiska dostane na povrch tými istými sondami, ktoré boli použité pre jeho vtláčanie, a sieťou potrubí sa dopravuje k nadzemným zariadeniam. Ťažba vyžaduje zložitejší proces úpravy plynu, nakoľko sa s plynom môže ťažiť i voda, prípadne i kvapalné uhlíkovodíky z ložiska. Cieľom všetkých procesov je upraviť plyn na takú kvalitu, aby mohol byť bez problémov využívaný konečným spotrebiteľom v domácnosti

alebo v priemysle. Plyn sa dopravuje výstupnými plynovodmi zo zásobníka do distribučnej alebo prepravnej siete. Ak je tlak plynu v takejto sieti vyšší ako v zariadeniach zásobníka, použijú sa i pri ťažbe kompresory na jeho zvýšenie.

Dostupná rýchlosť ťažby, resp. ťažobný výkon, je ovplyvnená tak kapacitou nadzemných zariadení, schopnosťou ložiska, ako i tlakmi v plynárenských sieťach spoločností prepravnej alebo distribučnej siete, s ktorými je zásobník spojený a postupne klesá s poklesom tlaku (t. j. s vyprázdňovaním) zásobníka.

Spoločnosť prevádzkuje PZZP, ktorý sa nachádza cca 30 kilometrov severne od Bratislavy na západnej hranici Slovenska s Rakúskom. Prevádzka týchto zásobníkov je zabezpečovaná prostredníctvom dvoch operátorských centier – CAPZZP a CAG (*Obr. č. 3*), zberných stredísk (ZS3 Gajary na *Obr. č. 4*) a sond (jedna s príslušnou technológiou je na *Obr. č. 5*).



**Obr. č. 3** Centrálny areál PZZP Gajary





**Obr. č. 4 Zberné stredisko 3 Gajary**



**Obr. č. 5 Sonda PZZP s technológiou**

## 4 BEZPEČNOSŤ PREVÁDZKY PZZP

Spôľahlivá a bezpečná prevádzka PZZP je dôležitá z pohľadu ochrany zdravia obyvateľstva a životného prostredia, a takisto je jedným zo základných nástrojov pre zabezpečenie energetickej bezpečnosti Slovenska. Podľa [5], spoločnosť v tejto oblasti implementovala viacero prvkov riadenia bezpečnosti, akými sú komplexné hodnotenie rizík, využívanie metód ako HAZOP, príp. pravidelné vykonávanie bezpečnostného auditu podľa ISRS. V oblasti legislatívy sa spoločnosť riadi viacerými európskymi smernicami a nariadeniami, medzi ktoré o. i. patrí smernica SEVESO III, zameraná na prevenciu závažných priemyselných havárií a nadväzujúca na jednu z významných zmien v oblasti prevádzkovej bezpečnosti – klasifikáciu a označovanie chemických látok.

Hlavnou zmenou v prístupe spoločnosti k riadeniu bezpečnosti je posun od taxatívneho definovania povinností a zákazov ku komplexnému hodnoteniu rizík prevádzky PZZP a následnému prijímaniu účinných opatrení.

Pre spracovanie analýzy rizík nebezpečných javov zvolila spoločnosť komplexnú metodiku ARAMIS, vypracovanú v Join Research Centre v Taliansku. Výhodou je nielen procesné a metodické usmernenie pri spracovaní analýzy rizík, ale aj množstvo návodov ako hodnotiť dosahy a pravdepodobnosti výskytu nebezpečných javov, udalostí. Súčasťou sú katalógy a knižnice, obsahujúce detailne rozpracované možné scenáre z prevádzky a taktiež poskytuje priestor samotným prevádzkovateľom pre využitie svojich databáz porúch, incidentov a rôznych analýz (napr. HAZOP).

Medzi konkrétne technické opatrenia pre zvýšenie bezpečnosti a spoľahlivosti prevádzky PZZP patrí aplikovanie bezpečnostných uzáverov na sondách, resp., rýchlouzávery na plynovodoch (pri náhlom poklese tlaku je cieľom odstaviť zariadenie), bezpečnostné sekvencie (úpravy v riadiacich systémoch, umožňujúce spustenie bezpečnostnej procedúry bez zásahu človeka), odفukové systémy a opatrenia zo štúdie HAZOP.

Vzhľadom na fyzikálne a chemické vlastnosti zemného plynu bolo ako opatrenie proti výbuchu alebo horeniu plynu v uzavretých priestoroch realizované osadenie plynodetekčného systému, napojeného na bezpečnostné sekvencie.



Preveniu a podporu pre zabezpečenie spoľahlivej a bezpečnej prevádzkovej činnosti, a súčasne aj likvidáciu nebezpečných situácií a ich následkov, vykonáva pre spoločnosť jedinečná záchranná zložka – Hlavná banská záchranná služba (ďalej „HBZS“), ktorá v roku 2015 oslávila 30. výročie od založenia.

#### 4.1 HBZS

HBZS v pôsobnosti spoločnosti je jednou zo základných zložiek integrovaného záchranného systému SR, určená pre potreby riešenia a prevencie závažných priemyselných havárií [6].

V roku 1984 po rozsiahlej legislatívnej a personálnej príprave bola popri HBZS v Prievidzi, ktorá dovtedy zastrešovala banskú záchrannú službu na Slovensku, zriadená HBZS Malacky [7]. Táto dostala za úlohu koordinovať a riadiť banskú záchrannú službu pri činnostiach spojených s ťažbou, dobývaním a uskladňovaním uhl'ovodíkových nerastov. Na Slovensku tak došlo k špecializácii banskej záchrannej služby pre hlbinné dobývanie uhlia a rúd, od ktorej sa oddelila banská záchranná služba pre geologicko-prieskumnú činnosť. V prvých dvoch rokoch svojej existencie sa HBZS Malacky zaoberala hlavne zabezpečením vlastného personálneho a technického vybavenia, doplnením a stabilizáciou stavu dobrovoľných banských záchránarov ZBZS. Pripravili sa učebné texty a zorganizoval základný záchrannársky kurz pre naftový a plynárenský priemysel. Začali sa aj investičné práce na cvičnom polygóne v Lozorne.

Postupne, so zlepšujúcim sa technickým vybavením HBZS, začali sa banskí záchránari podieľať aj na likvidácii požiarov v oblasti sídla HBZS, hlavne v okolí sond a ťažobných stredísk. Túto činnosť zväčša vykonávali na požiadanie a v súčinnosti s verejnými hasičskými jednotkami, ale aj na výzvu dispečerov a zamestnancov pracovísk NAFTA.

Medzi najvážnejšie činnosti banských záchránarov patrí likvidácia havárií a ich následkov vrátane poskytovania pomoci raneným. K tejto činnosti patrí neoddeliteľne zaistiťovanie nepretržitej pohotovostnej služby a vykonávanie prác v nedýchatel'nom a zdravíu škodlivom prostredí na pracoviskách.

Jednou z úloh tejto práce bola aj vizualizácia a optimalizácia prístupových komunikácií od stanice HBZS k objektom PZZP, pre čo najrýchlejší prístup k nim.

## 5 ZÁCHRANNÉ PRÁCE NA PZZP

Spoločnosť si je vedomá svojich povinností vyplývajúcich z požiadaviek všeobecne záväzných právnych predpisov. BOZP, OŽP a havarijná prevencia patria k prednostne uznávaným hodnotám. Zodpovednosť zamestnancov pri výkone činnosti je o. i. jednoznačne stanovená aj pracovným poriadkom a internými predpismi, medzi ktoré patrí aj Havarijný plán spoločnosti. Tento je vypracovaný v súlade s [8] a obsahuje súbor technických, organizačných a iných opatrení na zdlanie havárie na obmedzenie jej následkov. Jeho cieľom je stanovenie preventívnych opatrení na predchádzanie vzniku predvídateľných druhov havárií a stanovenie rýchlych a účinných opatrení smerujúcich k záchrane života osôb a majetku v prípade ich vzniku. HP je záväzný pre všetkých zamestnancov spoločnosti i zamestnancov cudzích organizácií, ktorí sa zdržujú na pracoviskách spoločnosti s jej vedomím, okrem stredísk CA PZZP Láb a CA Gajary, pre ktoré sú vypracované samostatné HP.

### 5.1 Havarijný plán

Havarijný plán je podľa [8] ucelený súbor písomnej a grafickej dokumentácie, ktorý musí byť prehľadný, stručný zrozumiteľný, pričom písomná časť sa skladá z troch častí:

- všeobecná – obsahuje predovšetkým údaje o podniku a jeho okolí (názov, sídlo, meno štatutárneho orgánu a pod.) ako aj osobitné údaje – opis a plán rozvodov NL a používaných médií, rozmiestnenie základných uzáverov na rozvodoch a pod.)
- pohotovostná – obsahom je okrem iného plán vyrozumienia a zvolania, zoznam vedúcich zamestnancov, určenie záchranných a únikových ciest atď.
- operatívna – obsahuje scenáre reprezentatívnych druhov závažných priemyselných havárií, zostavené najmä na základe hodnotenia rizika so zohľadnením špecifických podmienok podniku a jeho okolia.

Grafická dokumentácia musí byť primeraná účelu, na ktorý má slúžiť, a zodpovedať prehľadnosti, stručnosti a zrozumiteľnosti.

Výsledkom jednej z riešených úloh tejto práce sú účelové mapy s vyznačenými hlavnými prístupovými komunikáciami k sondám, technologicky prislúchajúcich ku

každému predmetnému stredisku, či už zásobníkovému alebo ťažobného. Pre tento účel som v praktickej časti tejto práce riešil ich vizualizáciu pomocou SW ARCGIS a súčasne spracoval účelové mapy, tvoriace prílohy tejto práce pre všetky sondy vo vlastníctve a správe spoločnosti, nachádzajúce sa v riešenom záujmovom území, doplnené o mapy s vizualizáciou prístupových ciest k sondám, technologicky prislúchajúcich strediskám spoločnosti POZAGAS a.s., pre ktorú spoločnosť NAFTA a.s. zabezpečuje samotnú prevádzku zásobníka.

## **5.2 Havarijný plán pre prípad vzniku erupcie**

Havarijný plán pre prípad vzniku erupcie (BCP) na sonde, alebo vrte bude platiť pre prevádzky PZZP spoločnosti v oblasti Plaveckého Štvrtku. Jeho obsah je spracovaný v úzkej spolupráci so spoločnosťou Boots & Coots International, Inc. (B&CI), so sídlom v Houstone v štáte Texas, USA. Je metodickým podkladom na všetky v minulosti vydané postupy pre prípad vzniku erupcie na sonde, publikované spoločnosťou a jeho cieľom je poskytnutie konzistentných návodov a najlepších postupov, ktoré je nutné používať v prevádzkach spoločnosti. Skladá sa zo štyroch základných častí:

- Zásahová činnosť
- Systém velenia v prípade havárie
- Logistika
- Možnosť realizácie pomocného vrtu pre umŕtvenie eruptujúcej sondy

Najúčinnejším spôsobom zvládnutia núdzovej situácie je taký, pre ktorý existuje plán vypracovaný ešte pred vznikom danej situácie. Rovnako dôležité, ako plánovanie prípravy na takúto udalosť, je oboznámenie zamestnancov s týmito plánmi. Príprava na zásah v prípade núdze musí byť preto dostatočne zdokumentovaná, aby bolo možné oboznámiť s plánom všetky zainteresované strany.

Celú prípravu a komunikáciu je najlepšie riadiť pomocou Systému velenia v prípade havárie (ICS), ktorý je oproti doterajším postupom pre prípad erupcie, spoločnosťou B&CI doporučený a spoločnosťou NAFTA a.s. implementovaný do BCP. Pri doterajších postupoch bol pre prípad erupcie na sonde definovaný predovšetkým taktický zásahový tím, pri ostatných dvoch tímoch boli členovia a ich zodpovednosti definované v

obmedzenej miere. Pri spoločnosťou B&CI predloženom návrhu sú vo všetkých troch tímoch jednoznačne definovaní členovia tímov, ich úlohy a zodpovednosti do najdetailnejších podrobností. Potrebne informácie a podklady zabezpečené pre ICS musia vymedziť, ako začne zásah, oznamovacie povinnosti, štruktúra a personálne obsadenie zásahového tímu, pracovné postupy likvidácie havárie a zodpovednosť jednotlivých osôb. Systém velenia v prípade havárie pozostáva z troch samostatných tímov, ktorých úlohou je zvládnuť plánovanie a reakciu súvisiacu so stratou kontroly nad sondou, alebo erupciu, ktoré sú špecifické pre sondy PZZP

Tímy sú definované ako:

- Taktický zásahový tím (TRT)
- Havarijný riadiaci tím (IMT)
- Tím pre krízové riadenie (CMT),

pričom sa bežne označujú ako tím na mieste havárie, tím mimo miesta havárie a podnikový tím.

Konečným cieľom BCP je vypracovanie návodu, ktorý v prípade nekontrolovateľnej havarijnej udalosti na sonde zabezpečí rýchle a účinné vykonanie organizovaného havarijného zásahu na likvidáciu erupcie a preukázanie spôsobu velenia a riadenia pri likvidácii havarijnej udalosti. BCP zahŕňa činnosti, ktoré je nutné vykonať na posúdenie rozsahu havárie, erupcie sondy a na plánovanie realizácie vhodných opatrení, príslušných technologických postupov havarijného zásahu na likvidáciu erupcie cez ústie vrtu alebo sondy. Havárie na plynovodoch (potrubíach) a iné požiare na iných zariadeniach a objektoch nie sú zahrnuté do rozsahu predmetného BCP.

BCP musí súhlasiť a byť kompatibilný s Havarijným plánom spoločnosti a bude považovaný za neoddeliteľnú súčasť uvedeného dokumentu.

Pravdepodobne najdôležitejším krokom pri riešení havárie, pri ktorej došlo k úplnej strate kontroly nad ňou – erupcií, je zásobovanie vodou, ktoré bude musieť byť dostatočné a trvalé. Sondy a prípadné vrty divízie PZZP spoločnosti NAFTA a.s. majú k dispozícii zdroje vody; avšak niektoré z nich sa nachádzajú vo väčších vzdialenostiach od sondy/vrtu. Povrchový zásah pri erupcii vyžaduje obrovské objemy vody. Každé zberné stredisko PZZP má systém zásobovania požiarňou vodou z vlastnej studne a (tam, kde je k

dispozícii), z obecného vodovodu, aby bol zabezpečený trvalý vodný zdroj pre zberné strediská a sondy PZZP.

Mnohé sondy nemajú v blízkosti vodný zdroj a budú si vyžadovať zriadenie vodných nádrží a prepravu vody cisternami, aby bol zabezpečený a udržiavaný objem vody potrebný na hasenie požiaru sondy. Voda sa bude pravdepodobne získavať z najbližšieho zberného strediska alebo z akéhokoľvek prírodného vodného zdroja, ktorý je dostupný v príslušnej oblasti.

Je zrejmé, že najvhodnejším riešením pre prívod požadovaného objemu vody pomocou potrubia, by bola čo najkratšia (priama) trasa, čo však pri členitosti terénu (vodné toky, lesné porasty, cesty) nie je vo viacerých prípadoch realizovateľné. Pre tento účel som v práci vykonal analýzu dojazdnosti od definovaných vhodných zdrojov vody k jednotlivým sondám po existujúcich komunikáciách a spracoval účelové mapy, na ktorých sú zobrazené prístupové komunikácie od zdrojov vody k jednotlivým sondám v čo najkratších časových intervaloch.

### **5.3 Význam sieťových analýz**

Dopravná sieť je podľa [16] charakterizovaná množinou úsekov a uzlov, pričom každému úseku môže byť priradená množina vlastností ako napr. dĺžka, šírka, kapacita, jedno, resp. obojsmernosť a pod. Najčastejšou úlohou býva nájsť najkratšiu, najlacnejšiu alebo najrýchlejšiu cestu z jedného miesta (uzla) do druhého., príp. cestu, spĺňajúcu rôzne špeciálne podmienky, ako napr. jednosmerné ulice.

Vyhľadanie najrýchlejšej alebo najkratšej cesty je najčastejším prípadom optimalizácie trasy, pričom najrýchlejšia cesta je rozhodujúca pre záchranné zložky, príp. vyhľadanie najefektívnejšej cesty môže pomôcť pri samotnej činnosti organizácie pri znižovaní nákladov na dopravu.

Jedným z často používaných algoritmov pre hľadanie najkratšej cesty grafom je Dijkstrov algoritmus, ktorý je najrýchlejším známym algoritmom pre hľadanie všetkých najkratších ciest zo zadaného miesta (uzla) do ostatných uzlov grafu, ktorý neobsahuje hrany zápornej dĺžky.

Predstavuje modifikovaný postup prehľadávania do šírky, pri ktorom sa vlna nešíri na základe počtu hrán od zdroja, ale vzdialenosti od zdroja (v zmysle váhy hrán). Táto vlna spracúva len tie uzly, ku ktorým bola nájdená najkratšia cesta.

Uchováva si všetky uzly v prioritnej fronte, zoradenej podľa vzdialenosti od zdroja – v prvej iterácii má len zdroj vzdialenosť 0, všetky ostatné uzly nekonečno. Algoritmus v každom kroku vyberie z fronty uzol s najväčšou prioritou, resp. najmenšou vzdialenosťou od už spracovanej časti a zaradí ho medzi spracované uzly. Následne prechádza všetkých doposiaľ nespracovaných potomkov, pridá ich do fronty, ak tam už nie sú obsiahnuté, a overí, či nie sú bližšie zdroju, než boli pred zaradením práve vybraného uzla medzi spracované. Pre všetkých potomkov overuje či:

$$vzdialenosť_{\{spracúvaný\}} + dĺžkaHrany_{\{spracúvaný, \setminus; potomok\}} < vzdialenosť_{\{potomok\}}$$

Pokiaľ táto nerovnosť platí, danému potomkovi nastaví novú vzdialenosť a označí za jeho predchodcu spracúvaný uzol. Po prechode cez všetkých potomkov algoritmus vyberie z fronty uzol s najvyššou prioritou a celý krok opakuje. Algoritmus terminuje v okamžiku, keď sú spracované všetky uzly – prioritný front je prázdny.

Je použiteľný len vtedy, keď graf obsahuje iba nezáporne ohodnotené hrany - v opačnom prípade nie je schopný garancie, že pri spracovaní uzla bola už nájdená najkratšia možná cesta.

V tejto časti by som sa pokúsil poukázať na určité oblasti, resp. subjekty, ktorých hlavná činnosť síce nemá súvislosť s hlavnou činnosťou spoločnosti, no vo všeobecnosti, ako aj na základe týchto nižšie uvedených skutočností, sa v nich nájdu spoločné ukazovatele, ktoré významne potvrdzujú, že sieťové analýzy v rámci GIS majú svoje opodstatnenie, min. v časti podpornej činnosti u spoločnosti, ktorá zahŕňa, o. i. aj činnosť HBZS, a s tým súvisiacu aj bezpečnosť prevádzky či už objektov PZZP, ako aj ťažobných.

V činnosti Hasičského záchranného zboru (HZS) Českej republiky majú sieťové analýzy v rámci GIS významné postavenie. Podľa [9] je GIS účinným nástrojom pre lokalizáciu nahlasovanej mimoriadnej udalosti a jej odovzdaniu pre riešenie jednotlivým zložkám IZS, kde vďaka nemu dostáva presnú geopriestorovú informáciu. Medzi ďalšie agendy, ktoré HZS ČR využíva patrí ak krízové riadenie a ochrana obyvateľstva, zisťovanie príčin požiarov atď. Riešenie týchto agend je realizované pomocou

desktopových aplikácií, pričom dochádza v oblasti GIS k posunu pri využití webových riešení, založených na platforme ArcGIS for Server. Medzi najhlavnejšie výhody tohto riešenia patrí predovšetkým finančná úspora, keďže nie sú potrebné SW licencie pre koncových užívateľov, možnosť tvorby aplikácií, vytvorených podľa požiadavky koncového užívateľa, správa prístupových práv ako aj obsahu, jednotná centralizovaná správa dát v geodatabáze, ako aj zdieľanie máp a mapových služieb naprieč krajmi, celorepublikovo, príp. medzi zložkami IZS. Okrem práce s GIS v podobe týchto aplikácií (desktop alebo web), je využívaný aj pre tvorbu klasických tlačených máp a prevádzaniu analytických úloh. Zaisťuje sa tak tvorba mapových podkladov pre tvorbu plánov plošného pokrytia, havarijných plánov ako aj celý rad tematických máp podľa požiadaviek jednotlivých odborností naprieč HZS ČR a pod. Ako typický príklad analýz môže GIS HZS ČR ponúknuť výpočty dojazdových časov, ako aj analýzu hasiacich obvodov jednotiek požiarnej ochrany z roku 2012. Takto spracovaná analýza pomáha získať komplexný náhľad na územie Českej republiky vzhľadom na plošné pokrytie a posúdenie rozmiestnenia požiarnych staníc v súvislosti s charakterom a stupňom nebezpečenstva v danom území. Komplexný pohľad, ktorý sleduje udalosť v pomere k ploche územia, k zastúpeniu rizík, osídlenia územia a pod. môže stavať aj menšie stanice do úplne inej polohy významu. Medzi aplikácie GIS HZS ČR patrí o. i. aj tvorba vonkajších havarijných plánov. Ich cieľom je poskytnutie informačnej podpory nielen jednotkám HZS, ale aj ďalším zložkám IZS. Cieľom nie je len zobrazenie samotnej zóny havarijného plánovania, ale aj poskytnutie základných informácií o tom, koľko budov (objektov, adries) sa nachádza v zóne havarijného plánovania, ako sa na miesto havárie dostanú záchranné zložky, regulácii dopravy a evakuácii obyvateľstva zo zasiahnutého priestoru a to kadiaľ a kam.

Sieťové analýzy ako súčasť GIS sú využívané aj Policajným zborom SR, pričom ako hlavným nástrojom je SW ArcGIS Desktop a jeho nadstavba Network Analyst. Pri práci s týmto nástrojom je pre políciu veľkou výhodou možnosť modelovania reálnych podmienok na vytvorenej cestnej sieti a to aj dynamicky. Medzi tieto podmienky patria najmä dopravné obmedzenia (najvyššia povolená rýchlosť, jednosmerné ulice), kapacitné možnosti (výška tunelov, podjazdov, nosnosť mostov, nadjazdov), dynamické bariéry (dočasné uzávierky), príp. časové obmedzenia v dopravnej špičke. Hierarchické rozdelenie siete, klasifikujúce časti ciest (diaľnice, rýchlostné cesty a pod.) spolu s dynamickým

modelovaním dopravných obmedzení, polícii významne zdokonaľuje prácu s cestnou sieťou, na základe čoho môžu dostávať realistickejšie výsledky sieťových analýz. Ako príklad poslúžila analýza priestorovej dostupnosti obvodných oddelení Policajného zboru v meste Bratislava, ktorá bola podľa [10] vykonaná na intraurbánnej úrovni a predstavuje potenciálne spádové zóny jednotlivých obvodných oddelení Policajného zboru, a ktorú môžeme porovnávať s analýzou časovej dostupnosti záchranej zložky spoločnosti k objektom PZZP, resp. objektom ťažobným. Pre hodnotenie dostupnosti bolo potrebné získať relevantné dáta a to najmä lokalizáciu jednotlivých staníc obvodných oddelení policajného zboru. Súčasťou analýzy bola cestná sieť so zadanými atribútmi pre jednotlivé úseky ciest, kde pre konkrétne typy ciest bola určená priemerná rýchlosť podľa platných pravidiel cestnej premávky. Po vytvorení sieťového datasetu pomocou nadstavby *Network Analyst* a pomocou jeho nástroja *New Service Area* pri zvolenom impedančnom faktore „čas“, boli zadané časové hranice dostupnosti z východiskových lokalít. Po vytvorení servisných zón má potom polícia možnosť jednoduchého pozorovania a identifikácie lokalizácie obvodných oddelení PZ vzhľadom na zastavanú plochu a hustotu zaľudnenia v súvislosti s hodnotami ich dostupnosti.

Nielen na základe vyššie uvedeného sa v spoločnosti začalo uvažovať o nahradení statických analógových tematických máp s vyznačenými prístupovými komunikáciami, tvoriacich prílohy havarijných plánov, vhodným nástrojom pre operatívne vyhľadávanie vhodných trás v prípade výskytu nepredvídateľných prekážok na trase vhodných a zadaných prístupových ciest. Ako jedna z možností sa javí SW ArcGIS for Server a potrebných, resp. pre začiatok využiteľných nastavení, pomocou ktorého je možnosť obdobne ako v prípade HZS ČR vytvárať aplikácie, priamo určené požiadavkám koncových užívateľov.



## 6 FORMÁTY VEKTOROVÝCH DÁT

V tejto časti v stručnosti popisujem formáty vybraných vektorových dát používaných konkrétnym softwarom pri mojej pracovnej činnosti pri evidencii banskomeračskej dokumentácie.

### 6.1 Formát vektorových dát SW KOKEŠ (MISYS)

SW KOKEŠ, resp. MISYS je produktom českej spoločnosti GEPRO. V spoločnosti SW KOKEŠ používame pre spravovanie banskomeračskej dokumentácie už od roku 1992, SW MISYS bol implementovaný v roku 2010 a je využívaný širokým spektrom užívateľov, naprieč celou spoločnosťou.

Základnou informačnou jednotkou výkresu (formát vektorových dát VYK a VTX) je objekt, ktorý sa môže skladať z grafických elementov (línie, texty) a môže obsahovať popisné údaje (vlastnosti, resp. atribúty). Tieto objekty je možné ďalej zlučovať do vrstiev. Keďže sa línia skladá z lomových bodov, môžeme ako základný prvok brať bod, ktorý je v systéme KOKEŠ definovaný dvojicou súradníc, typom spojenia a informáciou k bodu. Body môžu byť uložené ako základné prvky vektorovej grafiky vo formáte SS, resp. STX (textová obdoba SS). Tento formát sa používa predovšetkým pre prácu so zameranými bodmi polohopisu, preto ho nemožno považovať za plnohodnotný formát vektorových dát [11].

### 6.2 Formát vektorových dát SW ESRI ArcGIS

Software ArcGIS, vyvíjaný spoločnosťou ESRI, používame v spoločnosti od roku 2010 a pre vektorové dáta využíva, podľa [12] tri formáty:

- coverage,
- shapefile
- geodatabase,

pričom najstarším formátom je coverage. Z dôvodu pomalého vykresľovania, príčinou ktorého je pomerne zložitá reprezentácia, nie je vhodný pre účely počítačovej kartografie, na základe čoho bol spoločnosťou ESRI vyvinutý formát shapefile. Geodatabase je

najnovším z formátov, kde štruktúra geodatabase vychádza zo shapefile. Niektoré vlastnosti geodatabase sú prevzaté z oboch predchádzajúcich formátov.

### 6.2.1 Coverage

Patrí medzi najstaršie formáty a prvý raz bol použitý v software ArcINFO. *Coverage* je uložený ako adresár, ktorý obsahuje súbory určené pre každú jeho prvkovú triedu. Prvkovú triedu (*feature class*) tvoria prvky rovnakého typu.

Jednotlivé geometrické prvky sú vo formáte Coverage uložené v prvkových triedach, ktoré môžu obsahovať body, línie, polygóny, príp. tzv. anotáciu, čiže všeobecný text, tvoriaci popisnú informáciu.

Pritom je tvorený minimálne jednou prvkovou triedou, obsahujúcou tzv. tie points, ktorý obsahuje každý Coverage. Ide o body reálneho sveta so známymi súradnicami v príslušnom súradnicovom systéme.

Coverage explicitne ukladá topológiu, pričom jeho topologická štruktúra využíva topologické princípy a to konektivitu, definíciu plochy a princíp okrídlenej hrany.

### 6.2.2 Shapefile

Geometria priestorového prvku pri formáte shapefile je uložená v datasete a jeho atribúty v pripojenej databázovej tabuľke. Dataset shapefile je uložený v shapefile folder. Obsahuje vždy len jednu triedu prvkov – shapefile feature class. Prvková trieda shapefile môže obsahovať vždy len jeden typ prvkov a to body, multibody, línie, polygóny alebo multipatch (3D geometria).

Topológia pri tomto formáte explicitne ukladaná nie je, čo však neznamena, že nie je možné určiť susediace prvky. Vzťahy medzi dvoma prvkami sú počítané pomocou vektorov súradníc, namiesto prehľadávania tabuľky ako pri formáte Coverage. Nad shapefilmi je teda možné prevádzať priestorové aj atribútové dotazy, pričom by dáta mali byť topologicky čisté. Pokiaľ je potrebné topológiu editovať, je potrebné shapefile importovať do geodatabázy ako prvkovú triedu.

### 6.2.3 Geodatabase

Geodatabáza je natívnou dátovou štruktúrou software ArcGIS a súčasne primárny dátový formát pre editáciu a správu dát v tomto software. Základná štruktúra geodatabázy je obdobná ako štruktúra shapefile. Podporuje tvorbu a editáciu topológie.

Typy geodatabáz:

- Personálna geodatabáza
- Súborová geodatabáza
- ArcSDE geodatabáza

Personálna a súborová geodatabáza patria medzi jedno užívateľské databázy, ktoré môžu byť v jednom okamžiku editované len jedným užívateľom. ArcSDE geodatabáza využíva k správe priestorovej zložky dát sprostredkovateľa medzi GIS software a databázovým serverom. Medzi výhody použitia ArcSDE geodatabázy patrí spravovanie veľkého množstva dát viacerými užívateľmi.

- Geodatabáza sa skladá z troch základných častí:
- Prvková trieda (feature class) – vektorové dáta
- Rastrový dataset (raster dataset) – rastrové dáta
- Tabuľky (tables) – atribútové dáta

Vektorové dáta sú v geodatabáze uložené v prvkových triedach, ktoré sú tvorené geometrickými prvkami, medzi ktoré patria bod, multibod, reťazec línií, polygón a multipatch.

## 7 DÁTOVÝ MODEL

Cieľom dátového modelovania je návrh kvalitnej dátovej štruktúry pre konkrétnu aplikáciu a databázový systém, ktorý bude táto aplikácia využívať k uloženiu dát [18].

Zvyčajne vytvárame najskôr **konceptuálny** dátový model, predstavujúci určité zovšeobecnenie oproti konkrétnej implementácii dátovej štruktúry v relačnej databáze. Týmto získame nezávislosť modelu na konkrétnom databázovom systéme, ale zároveň je možnosť tento model kedykoľvek previesť do konkrétneho implementačného prostredia.

**Konceptuálna úroveň** – na tejto úrovni je žiaduce opísať predmetnú oblasť dátovej základne, pričom neberieme do úvahy akékoľvek následné spôsoby implementácie. Konceptuálny návrh určuje čo je obsahom systému.

**Technologická úroveň** - pri tejto úrovni sa v relačných databázach používa tzv. relačná schéma, ktorej obsahom sú tabuľky, vrátane ich stĺpcov. Názvom stĺpcov zodpovedajú názvy atribútov každej entity. Sú v nej vyznačené primárne a cudzie kľúče. Technologický model stále v tejto fáze nesmie byť ovplyvňovaný implementačnými špecifikáciami riešenia. Technologický návrh určuje ako je obsah systémov v danej technológii realizovaný

**Implementačná úroveň** - tu sa vyberá konkrétna databázová platforma, v ktorej bude navrhovaná dátová základňa vytvorená. Využívajú sa špecifikácie použitého vývojového prostredia. Implementačný návrh určuje čím je technologické riešenie aplikované.

Dátový model slúži pre návrh dátovej štruktúry. Ide o konceptuálny model, ktorý je veľmi podobný napr. klasickým ER diagramom, používaným pre návrh štruktúry relačných databáz.

Model je tvorený sadou entít, ktoré sú medzi sebou previazané pomocou väzieb s príslušnou kardinalitou (násobnosťou).

### 7.1 Entita

Entita reprezentuje určitú skupinu objektov reálneho sveta, ktoré sa označujú ako inštancia entity. Všetky inštancie danej entity nazývame populáciou a vyznačujú sa rovnakou vnútornou dátovou štruktúrou, ktorá sa vyjadruje množinou atribútov. Samotná

zhoda atribútov nestačí, všetky inštancie danej entity musia mať aj logickú súvislosť. Entitou nemusia byť reálne fyzické objekty, ale môže ísť aj o objekty abstraktné.

Každá entita je opísaná svojím názvom a sadou atribútov, pričom každý z atribútov má priradený aj dátový typ. Tieto dátové typy sú navrhnuté tak, aby neboli priamo závislé na konkrétnom databázovom systéme. Ide o základné dátové typy, vyskytujúce sa vo väčšine databázových systémov. Pri generovaní konkrétnej databázovej štruktúry z navrhnutého modelu sú tieto dátové typy nahradené príslušnými ekvivalentami konkrétneho databázového systému.

## 7.2 Kardinalita

Kardinalita (väzba medzi entitami) predstavuje logický vzťah medzi entitami. V dátovom modeli sú povolené len väzby medzi dvoma entitami (binárne väzby). Vychádza sa z možnosti realizovať akúkoľvek N-árnu väzbu (medzi N entitami) pomocou N väzieb binárnych a jednej centrálnej (väzobnej) entity

Rovnako ako má svoje inštancie entita, má svoje aj binárna väzba. Pokiaľ je binárna väzba definovaná ako logický vzťah medzi dvoma entitami, potom je inštancia binárnej väzby vzťah medzi dvoma inštanciami dvoch entít.

Na väzbu môžeme pozerieť ako na dve väzby v opačných smeroch. V tomto zmysle môžeme hovoriť o takzvaných roliach, ktoré predstavujú pohľad na danú väzbu v smere od jednej entity k druhej.

Ku každej z rolí priradíme takzvanú kardinalitu. Kardinalita predstavuje obmedzenie v počte inštancií druhej entity, ktoré majú vzťah s akoukoľvek inštanciou prvej entity. Vždy sa definuje maximálna a minimálna kardinalita. Minimálna môže nadobúdať hodnoty 0 alebo 1 a maximálna kardinalita 1 alebo N.

Doména je zoznam prípustných hodnôt, ktoré sú povolené k zapísaniu do poľa určitého atribútu. Nie je možné vkladať iné hodnoty, ako tie, ktoré sú zadefinované v doméne, čím sa zaisťuje integrita dát v geodatabáze. Doména môže byť v geodatabáze použitá viackrát pre viaceré triedy prvkov. Môže byť dvoch typov:

- výpis – zoznam povolených hodnôt v poli atribútu
- rozsah – uvádza sa minimálna a maximálna hodnota pre pole atribútu

## 8 TEÓRIE GRAFOV A SIEŤOVÉ ANALÝZY V GIS

Na základe teórie grafov môžeme skúmať vlastnosti štruktúr nazývaných grafy. Pomocou nich je možné reprezentovať úlohy a štruktúry z rôznych oborov ľudskej činnosti alebo praktického života.

Grafom sa môže, podľa [13] všeobecne nazývať usporiadaná dvojica  $U, H$ , v ktorej  $H$  predstavuje neprázdnu množinu prvkov tzv. uzlov, resp. vrcholov a množinu dvojíc prvkov z  $U$  tvorí  $H$ , nazývaných hrany. Platí, že dva prvky  $x, y$  patriace do  $U$  spolu susedia, pokiaľ existuje taká hrana  $h = (x, y)$ , kde  $h$  patrí do  $H$ . Uzly (vrcholy) sa znázorňujú ako body a hrany ako spojnice príslušných vrcholov.

Medzi dôležité vlastnosti grafov patrí:

- orientácia
- ohodnotenie
- súvislosť

Orientovaným grafom označujeme taký graf, ktorého hrany sú usporiadané dvojice. Hrany majú pevne danú orientáciu a výrazy  $(x, y)$  a  $(y, x)$  označujú rôzne hrany. Hrany neorientovaného grafu sú dvojprvkové množiny.

Ohodnotenie je zobrazenie, ktoré každej hrane priradzuje zvyčajne číselnú hodnotu, ktorá je vyjadrením miery náročnosti presunu z uzla (vrcholu)  $x$  do uzla  $y$  alebo späť. Môže vyjadrovať napr. vzdialenosť alebo pravdepodobnosť udalostí. Je prípustné, aby v jednom grafe existovalo viacero ohodnotení podľa rôznych kritérií.

Súvislosť grafu rozlišujeme pre orientovaný a neorientovaný graf, zjednodušene, graf je súvislý vtedy, pokiaľ do každého jeho uzla vedie hrana.

Graf v geografických informačných systémoch označujeme ako sieť. Sieťou je množina vzájomne prepojených línií, ktoré vyjadrujú jestvujúcu cestu zdrojov z jedného miesta do druhého. Koncové alebo body kríženia nazývame ako sieťové uzly.

Sieťová analýza v GIS skúma a určuje vlastnosti siete a vzťahy medzi jednotlivými prvkami pomocou algoritmov teórie grafov. Rieši úlohy, ktoré sú súčasťou nášho života, ako napr. vyhľadanie najkratšej, príp. najrýchlejšej trasy, plánovanie trás, prevádzka hromadnej dopravy, či vyhľadanie a optimalizácia toku v sieti.

## 8.1 Sieťové modely v ArcGIS

Zdroje informácií pre túto kapitolu som čerpal z [12].

V systéme ArcGIS sa sieť modeluje predovšetkým vnútri geodatabázy nad triedami prvkov, ktoré sú jej obsahom. Dovoľuje vytvoriť dva druhy modelov:

- sieťový dataset – špeciálne vyvinutý pre tvorbu cestnej siete, ktorú možno zaradiť do systému, v ktorom je pohyb po hrane povolený v oboch smeroch ako aj možnosťou nastavenia rôznych pravidiel pre každý smer
- geometrická sieť – skôr vhodný pre využitie pri modelovaní bežných inžinierskych sietí (plynovody, vodovody), môže byť zaradená do systému, kde je pohyb po hrane povolený len v jednom smere

### 8.1.1 Sieťový dataset

Sieťový dataset je štruktúra, ktorá je vytváraná pomocou jednoduchých geometrických prvkov – hrán, uzlov a naviac z odbočiek. Väčšinou sa tvorí vnútri geodatabázy, kde môže byť použité viacero zdrojov uzlov a hrán, no môže byť vytvorený aj nad samotným shapefilom, kde použitie viac zdrojov uzlov a hrán nie je možné.

Prvkom sieťového datasetu môžu byť priradené atribúty (vlastnosti), ktoré majú svoj názov, typ, jednotky, dátový typ, ako aj parameter „use by default“, ktorý označuje, či má byť tento atribút automaticky použitý pre analýzu:

- cena (cost) – ohodnotenie, vyjadrenie nákladov na prekonanie prvku, najčastejšie dĺžka, resp. čas
- popis (descriptors) – charakteristika komunikácie (šírka, počet pruhov, rýchlosť)
- obmedzenie (restrictions) – definovanie dátovým typom boolean, v prípade true nemôže takto označený prvok vstupovať do žiadnej analýzy (napr. obmedzenie prejazdu jednosmernou ulicou v opačnom smere)
- hierarchia (hierarchy) – vyjadrenie poradia prvkov v akom budú vstupovať do analýzy

V sieťovom datasete nie je kontrola a realizácia vykonávaná ihneď, ale až vtedy, keď je prepojenie užívateľom prebudované, resp. keď je prebudovaný celý dataset. Jeho vytvorenie sa skladá z dvoch častí:

- vytvorenie – tu sú napr. vybrané triedy, ktoré bude dataset obsahovať, príp. definovanie atribútov
- vybudovanie – tu vznikajú jednotlivé prvky siete, ich samotné prepojenie a priradovanie hodnôt atribútov

### 8.1.2 Geometrická sieť

Sieťový model ArcGIS geometrická sieť sa skladá z dvoch zložiek:

- geometrická sieť – súbor uzlov a hrán, sieťových prvkov, ktoré reprezentujú a tvoria sieť. Táto zložka neobsahuje informácie o prepojení medzi prvkami
- logická sieť – fyzicky reprezentuje prepojenie siete

Hrany môžu byť v geometrickej sieti, ktorá je tvorená sieťovými prvkami, vzájomne prepojené len pomocou uzlov. Sieťové prvky sú:

- jednoduché – jednoduchý sieťový prvok zodpovedá práve jednému prvku logickej siete
- komplexné – sieťový prvok zodpovedá jednému alebo viacerým prvkom logickej siete

Geometrická sieť môže byť v geodatabáze budovaná nad jednou alebo viacerými triedami prvkov, ktorá obsahuje bodové a líniové prvky. Pri pridaní prvej triedy do siete je automaticky vytvorená prvková trieda, ktorá zaisťuje, aby na konci každej jednoduchšej hrany bol uzol, v ktorom môže byť pripojený ďalší prvok. Hrany siete môžu byť prepojené len v týchto uzloch. Ak sa v niektorom uzle pripojí ďalší prvok, je ihneď vytvorené prepojenie medzi týmito prvkami, takže akákoľvek zmena v sieti geometrickej vyvolá okamžitú zmenu v sieti logickej. To platí ak sa prvok pridáva alebo odoberá.

Ku každej hrane siete je možné priradiť váhu pre presun po tejto hrane. Pri modelovaní rozvodných sietí môže byť smer toku definovaný tak, že každému uzlu siete je definovaný atribút, ktorý určuje, či sa uzol bude chovať ako zdroj alebo spotrebič, príp. ako oba. V sieti je možné z každého prvku vytvoriť bariéru – miesto, kadiaľ nemôže zdroj prúdiť.



V geometrickej sieti sa môžu použiť pravidlá pre prepojenie siete, ktoré môžu byť hrana – hrana alebo hrana – uzol a určujú aké typy hrán a uzlov môžu byť navzájom prepojené.

## 9 ZDROJE DÁT A ICH PRÍPRAVA

Táto časť obsahuje popis zvoleného záujmového územia, použité vstupné dáta, spôsob a postup prípravy dát pre tvorbu dátového modelu siete prístupových komunikácií k objektom spoločnosti.

Medzi základné dáta, ktoré boli použité pri analýzach, patrili vrstvy (shapefile) obsahujúce:

- Sondy – celkový počet 440; v *Tab. č. 1*. sú zobrazené počty sond podľa typu a príslušnosti k divízii, resp. spoločnosti – bodová vrstva
- Technologické strediská – bodová vrstva
- Technologické armatúry, uzly – bodová vrstva
- Administratívne objekty – bodová vrstva
- Zdroje vody – bodová vrstva
- Sieť prístupových komunikácií – líniová vrstva
- Ortofotomapa – rastrový dataset

V *Tab. č. 2* je uvedený prehľad počtu stredísk, technologických a administratívnych objektov, nachádzajúcich sa v rámci riešeného územia, zoznam vhodných prírodných zdrojov vody so stručnou charakteristikou prístupových ciest je uvedený v *Tab. č. 3*

Súradnice sond som mal k dispozícii z písomnej časti evidencie banskomeračskej dokumentácie, ako atribúty, ktoré som považoval za významné pre výstupy z analýz boli použité vybrané položky z geologickej databázy, z ktorých som vybral a použil:

- názov sondy
- príslušnosť k spoločnosti (NAFTA a.s., POZAGAS a.s.)
- príslušnosť k divízii (PZZP, PaŤ)
- príslušnosť k technologickému stredisku (CAPZZP, CAG, ZS1, ZS2...)
- typ sondy (PZZP, ťažobná, kontrolná, pozorovacia, na utrácanie banských vôd, ostatné)

Tab. č. 1 Prehľad počtu sond

Spoločnosť							
NAFTA a.s.					POZAGAS a.s.		
Divízia PZZP - sondy			Divízia PaŤ - sondy		PZZP - sondy		
PZZP	kontrolné/ pozorovacie	utrácanie banských vôd	ťažobné	ostatné/ pozorovacie	PZZP	pozorovacie	utrácanie banských vôd
150	91	3	49	17	80	32	2

Technologické strediská, armatúry, uzly a administratívne objekty – pre tieto plošné objekty som zvolil bodovú vrstvu, v ktorej body reprezentujú vstupy do objektov. Ako atribúty pre výstupy z analýz som si zvolil:

- názov technologického objektu
- príslušnosť k spoločnosti
- príslušnosť k divízii
- katastrálne územie

Tab. č. 2 Prehľad počtu ostatných technologických objektov

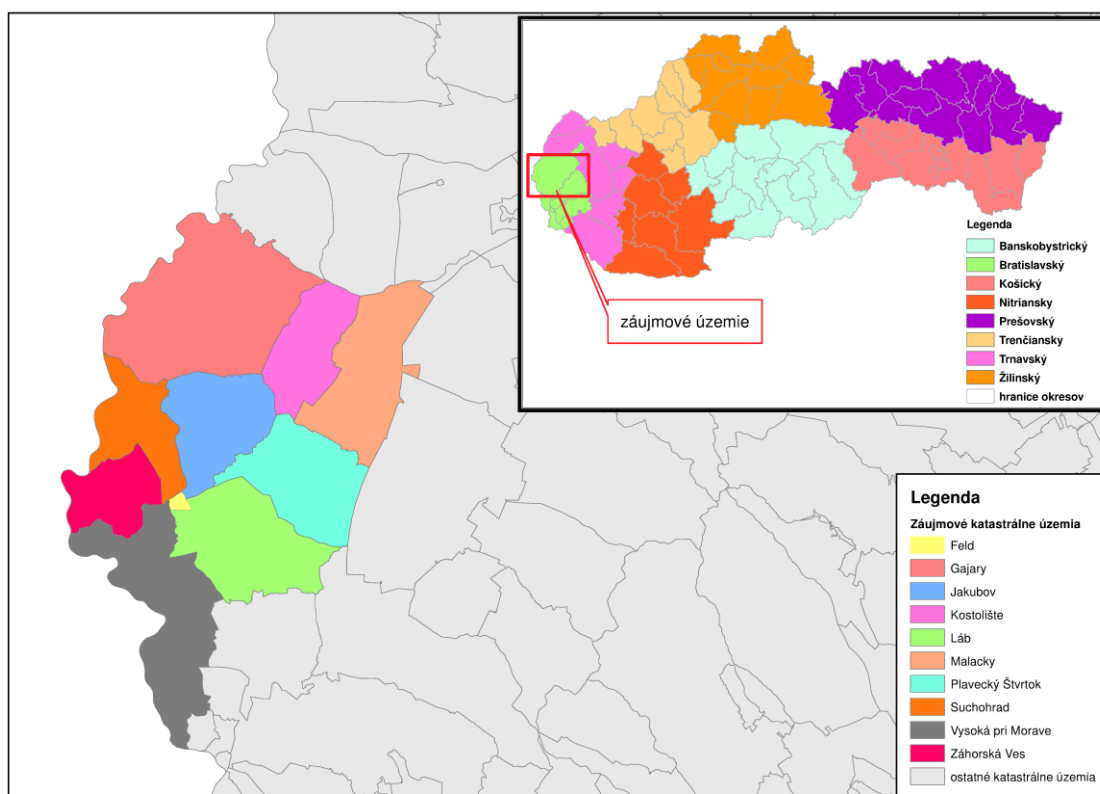
Spoločnosť					
NAFTA a.s.				POZAGAS a.s.	
Divízia PZZP		Divízia PaŤ	Divízia služieb	PZZP	
stredisko	technologické objekty	stredisko	administratívny objekt	stredisko	technologické objekty
10	16	3	3	3	1

Lokality vhodných zdrojov vody, pre prípad krízových situácií na objektoch spoločnosti, mi poskytol zodpovedný zamestnanec HBZS, ktorý fyzicky preveril ich vhodnosť pre prípad krízovej situácie na objekte PZZP, či objekte ťažobnom.

**Tab. č. 3 Vhodné prírodné zdroje vody v záujmovom území**

Názov	Prístupové cesty
Kamenný mlyn	spevnená cesta, prístup k vode dobrý zo všetkých strán
Kruh	spevnená prístupová cesta
Lábske jazero	spevnená cesta až k jazeru
Jakubovský rybník	spevnené cesty aj po hrádzi a prístupy k vode
V Studienkach	spevnená asfaltová cesta až k jazeru
Rudava chaty	spevnená asfaltová cesta aj v okolí jazera
Kyselica Gajary	spevnená asfaltová cesta, veľmi dobrý prístup
Fuji jama	spevnená asfaltová cesta až k jazeru
Jazierko pri Záhorskej Vsi	spevnená makadamová cesta
Badurovský rybník	spevnená makadamová cesta
Jakubov Lúčky	spevnená makadamová cesta
Za vrbami	nespevnená cesta

Sieť prístupových komunikácií som vytvoril digitalizáciou a vektorizovaním ciest v časti riešeného záujmového územia, zobrazeného na *Obr. č. 6* (Bratislavský kraj, okres Malacky), v rozsahu ktorého sa nachádzajú podzemné ložiskové objekty a s nimi súvisiace sondy PZZP, resp. sondy vlastných zdrojov. Ako podklad boli použité digitálne ortofotomapy s priestorovým rozlíšením 0,50 m, získaných na základe licenčných zmlúv od spoločnosti GEODIS Slovakia. Týmto ortofotomapami má spoločnosť v rámci grafickej časti evidencie banskomeračskej dokumentácie pokryté záujmové územie.



Obr. č. 6 Riešené záujmové územie

Typy ciest som určil podľa jednoznačnosti (diaľnica, cesty 1., 2., 3. triedy, miestne, účelové), banskomeračských podkladov, geometrických plánov (vyhotovených pre vybrané objekty, avšak z ktorých je možné odvodiť len šírku cesty) alebo podľa doterajších znalostí územia, v ktorom sa pohybujem rádovo desiatky rokov. Spresnenie nejednoznačných vlastností (typ, povrch, šírka) určitých úsekov prebehlo po pracovných stretnutiach s vedúcimi prevádzok jednotlivých technologických objektov, kvôli čomu nebola potrebná samotná rekognoskácia terénu, príp. geodetické merania.

Pre úseky ciest som sa rozhodol priradiť vlastnosti (Tab. č. 4), ktoré charakterizujú jednotlivé úseky cestných komunikácií:

Tab. č. 4 Atribúty cestnej siete

atribút	hodnota
typ cesty	1.trieda
	2.trieda
	3.trieda
	diaľnica
	miestna
	účelová
povrch cesty	asfalt
	betón – panel
	makadam
	nespevnený
šírka	skutočná šírka cesty v [m]
dĺžka úsekov	hodnota, ktorá je automaticky daná SW ArcGIS
rýchlosť	reálne dosiahnuteľná rýchlosť po komunikácii [km/h]
čas	<p>hodnota potrebná pre prekonanie úseku cesty, vypočítaná pomocou dĺžky úseku a rýchlosti definovanej danému úseku, pričom výpočet príslušných hodnôt v minútach bol vykonaný funkciou Field Calculator</p> $\text{čas [min]} = \left( \frac{\frac{\text{dĺžka [m]}}{1000}}{\text{rýchlosť [km/h]}} \right) \times 60$

## 9.1 Geodatabáza a dátový model

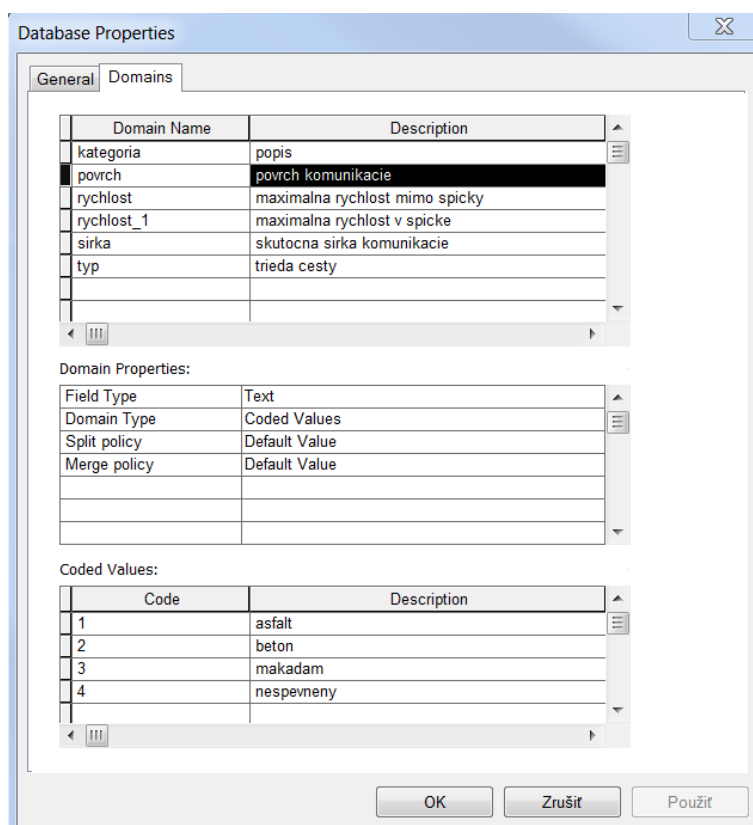
Pomocou nástroja ArcCatalog som vytvoril personálnu geodatabázu a v rámci nej štyri datasey, tvoriace základ teoretického modelu uloženia dát pre analýzy dojazdnosti a vizualizácie prístupových ciest k objektom ťažobnej organizácie. Po vytvorení

geodatabázy som zdefinoval domény, príklad založenia je na *Obr. č. 7*, pre zadávanie hodnôt atribútov, uvedených v *Tab. č. 5*, ktoré boli vkladané pri digitalizácii a vektorizácii cestnej siete, čím bola zabezpečená integrita dát v geodatabáze.

Doména *povrch* - z akého materiálu je zhotovený, resp. existujúci povrch komunikácie (realizovaný pomocou kódovej domény, kde sú povolené jednotlivé údaje).

**Tab. č. 5 Kódy a hodnoty pre doménu "povrch"**

Kód	Popis
1	asfalt
2	beton
3	makadam
4	nespevneny



**Obr. č. 7 Založenie domény v geodatabáze**

Doména *typ* – akého významu je úsek cesty (1., 2., 3., diaľnica, miestna, účelová), znázornené v *Tab. č. 6*

**Tab. č. 6 Kódy a hodnoty pre doménu "typ"**

Kód	Popis
1	1.trieda
2	2.trieda
3	3.trieda
4	ďiaľnica
5	miestna
6	ucelova

Domény *rychlost*, resp. *rychlost\_1* – údaje, akou maximálnou rýchlosťou je možné prejsť úsek záchrannými zložkami počas obdobia s nižšou (*rychlost*), resp. vyššou (*rychlost\_1*) hustotou premávky (realizované pomocou kódovej domény, kde sú povolené jednotlivé údaje, zobrazené v *Tab. č. 7*) Definovanie a priradenie rýchlosti jednotlivým úsekom nebolo možné zvoliť štandardne jednou hodnotou pre konkrétny typ cesty, väčšinu cestnej siete tvoria účelové komunikácie, vybudované kvôli prevádzkovaniu podzemného zásobníka, resp. ťažby uhl'ovodíkov z vlastných zdrojov. Tieto hodnoty som si zadefinoval, upravil a nakoniec verifikoval v spolupráci so zamestnancami HBZS.

**Tab. č. 7 Kódy a hodnoty pre doménu "rychlost "**

Kód	Hodnota
1	20
2	25
3	30
4	35
5	40
6	45
7	50
8	55
9	60
10	65
11	70
12	75
13	80
14	85
15	90
16	95
17	100



Doména *sirka* – skutočná šírka komunikácie v metroch, realizovaná pomocou kódovej domény, kde sú povolené jednotlivé údaje (Tab. č. 8)

Tab. č. 8 Kódy a hodnoty pre doménu "sirka"

Kód	Popis
1	3
2	4
3	5
4	6
5	7

Doména *kategoria* – nebola vyplnená a definovaná, predpokladom je, že v súčinnosti so záchrannou zložkou, príp. prevádzkou ťažobnej organizácie, bude v tejto doméne bližšie identifikovaná každá cesta, resp. jej časť.

Pomocou týchto zadaných domén som priradil vlastnosti k jednotlivým úsekom cestnej siete, pričom k ďalším atribútom patria *Shape\_Length*, ktorý SW ArcGIS generuje po vytvorení líniového prvku v geodatabáze automaticky a udáva hodnotu dĺžky línie (úseku) a atribúty *cas*, resp. *cas\_I*, ktoré predstavujú vypočítané hodnoty, definujúce dobu za akú je možné prejsť daný úsek počas obdobia s nižšou (*cas*) alebo vyššou (*cas\_I*), hustotou premávky.

Vyššie uvedené dáta tvoria atribúty líniovej triedy prvkov *cesty\_all* v datasete *cesty* obsahujúcu cestnú sieť záujmového územia, vhodnú pre prístup k objektom ťažobnej organizácie.

Do zostávajúcich troch datasetov som importoval súbory s bodovými triedami prvkov z pripravených shapefilov, obsahom ktorých boli sondy, strediská, technologické a administratívne objekty, stanice HBZS a HZS a lokality zdrojov vody.

## 9.2 Vytvorenie rastrového datasetu

Pre digitalizáciu a vektorizovanie prístupových ciest k objektom spoločnosti som ako podklad použil digitálne farebné ortofotomapy, ktoré spoločnosť zakúpila pre potreby 3D geologického seizmického merania v záujmovej oblasti, a tým získala licenciu pre použitie, okrem iného, aj pre evidenciu banskomeračskej dokumentácie a informačný systém spoločnosti. Boli dodané v súradnicovom systéme S-JTSK, v rastrovom formáte

JPG + JGW s kladom mapových listov mierky 1 : 5 000. Priestorové rozlíšenie ortofotomáp je 0,50 m a ich aktuálnosť rok 2006, resp. 2011.

Rastrový dataset som vytvoril z viacerých rastrov, pričom všetky mali zhodný súradnicový systém a dátový formát. V osobitnej súborovej geodatabáze som založil rastrový dataset, pričom bolo potrebné preň zadať jednotlivé parametre. Základnými parametrami boli názov datasetu a lokalizácia geodatabázy, kde mal byť výsledný raster uložený. Ako nepovinné parametre boli *Cellsize* – veľkosť bunky, v mojom prípade 0,5; 0,5, *Pixel type*, pri ktorom som ponechal default hodnotu a to 8 – bitový dátový typ, ďalej pre *Spatial Reference for Raster* som nastavil S-JTSK\_Krovak\_East\_North a nakoniec *Number of bands* hodnotu 3, čo bol počet pásiem vstupných rastrov. Pre parameter *Compression* som vybral LZ77 – bezstratovú kompresiu, kde sa nezmenila hodnota v rastri [12].

Pre naplnenie prázdneho rastrového datasetu bolo potrebné pomocou príkazu *Load Data* zadať cestu k jednotlivým rastrom, ktoré som chcel spojiť do súvislého jedného rastra.

### 9.3 Kontrola topológie

Základom topológie [12] v ArcGIS je *clustering*, v procese ktorého sú do jedného bodu spojené tie uzlové body, ktorých vzdialenosť medzi sebou je menšia, ak definovaná (*cluster tolerance*). Hodnotu *cluster tolerance* je možné nastaviť užívateľom, a je predovšetkým závislá od presnosti používaných dát – v prípade tejto práce som neprevzal žiadne údaje, celá sieť bola vytvorená manuálne z vlastných zdrojov.

Pri kontrole topológie som aplikoval pravidlá:

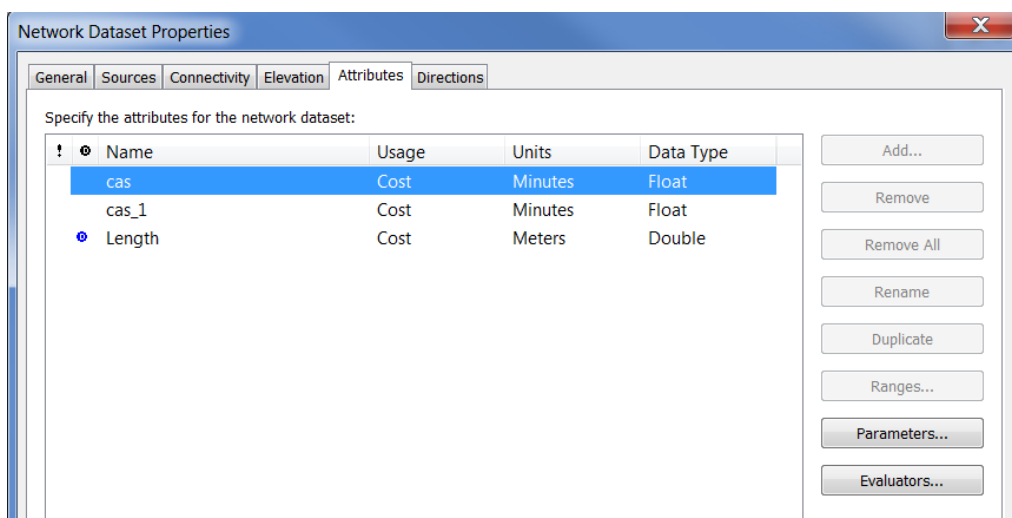
- *Must Not Overlap* – vzájomné prekrývanie líniových prvkov z triedy *cesty\_all*
- *Must Not Have Dangles* – dotyk línie s inými líniami v rámci triedy *cesty\_all* v oboch svojich koncových bodoch
- *Must Not Self-Overlap* – neprekrývanie samého seba líniového prvku triedy *cesty\_all*
- *Must Not Self-Intersect* – nepretínanie samého seba líniového prvku triedy *cesty\_all*

- *Must Not Intersect Or Touch Interior* – dotyk línií v rámci jednej vrstvy len vo svojich koncových uzloch

Po vytvorení a validovaní topológie som si zobrazil štatistiku chýb, v ktorej ako chybné bolo identifikované to, že všetky koncové uzly, ktoré nemajú napojenie s ďalšou líniou. Tieto koncové uzly tvoria v prípade tejto práce samotné napojenie, resp. ukončenie línií na analyzovaných objektoch (sondy, strediská a pod.)

## 9.4 Vytvorenie sieťového datasetu

Sieťový dataset som v aplikácii ArcCatalog vytvoril pomocou sprievodcu, pri ktorom je možné nastaviť všetky vlastnosti siete. Líniová prvková trieda s cestnou sieťou tvorila zdrojovú triedu pre generovanie logickej siete. Politiku prepojenia hrán som nastavil ako any vertex, ďalším krokom bolo nastavenie atribútov siete. Tu som zvolil tri atribúty, ako vidno na *Obr. č. 8 – cas* (pre nočnú dobu), *cas\_1* (pre dennú dobu) a *Shape\_Lenght* (vzdialenosť).



Obr. č. 8 Atribúty sieťového datasetu

## 10 VIZUALIZÁCIA PRÍSTUPOVÝCH CIEST K OBJEKTOM

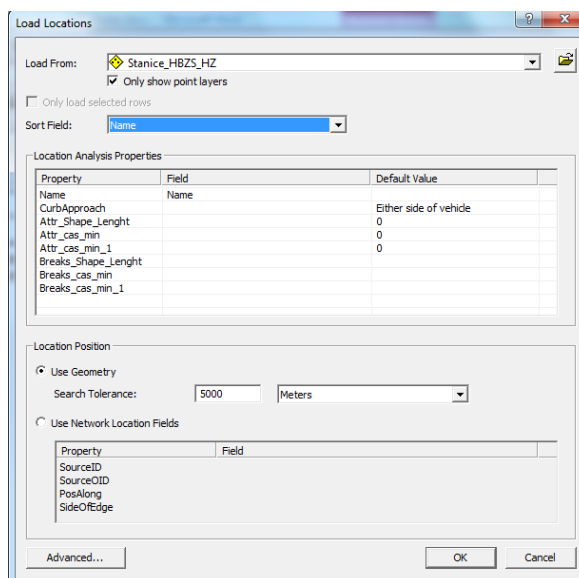
Pre vizualizáciu optimálnych trás k sondám, technologickým a administratívnym objektom spoločnosti a zdrojom vody pre HBZS pre prípad krízových situácií, v rámci zvoleného záujmového územia, som použil analýzu najbližšieho zariadenia (*New Closest Facility*), pomocou aplikácie *Network Analyst*. Vstupy pre analýzu predstavovali:

- dataset, obsahujúci líniovú triedu geoprvkov cestnej siete,
- dataset, obsahujúci bodové triedy prvkov so stanicami HBZS Lozorno, resp. HZS Malacky, sondami, technologickými a administratívnymi objektmi a vhodnými zdrojmi vody

Analýzy som vytvoril pre každý typ objektu osobitne, čiže zvlášť pre vrstvu sond, zvlášť pre vrstvu technologických a administratívnych objektov, ako aj pre vrstvu zdrojov vody. Dovoľujem si podotknúť, že táto práca sa zaoberá predovšetkým vytvorením podkladov pre grafickú časť havarijného plánu spoločnosti a s tým súvisí vytvorenie optimálnych trás k objektom len zo stanice HBZS Lozorno a v prvom rade k objektom vo vlastníctve resp. správe spoločnosti NAFTA a.s. Pri týchto nasledujúcich analýzach som ako východzie zariadenie (Facilities) bral do úvahy len stanicu HBZS.

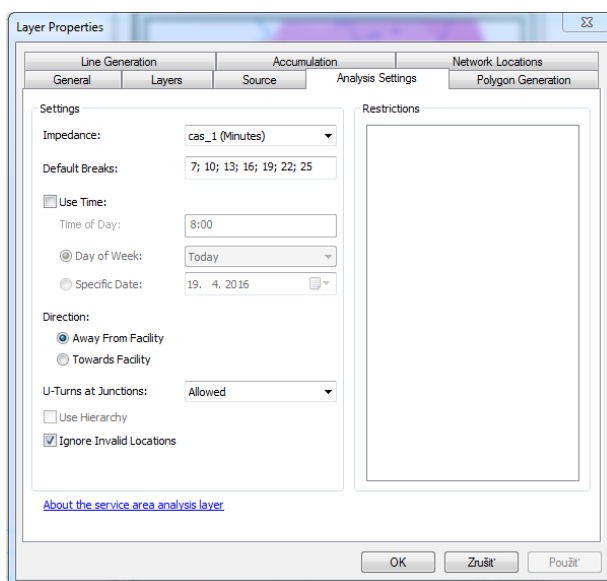
### 10.1 Analýza doby dojazdu od stanice záchranných zložiek k objektom

Prvým krokom bolo analyzovanie a porovnanie dojazdových časov vozidiel HBZS, HZS a ich kombinácia k definovaným objektom spoločnosti. Analýzu doby dojazdu som vykonal pomocou extenzie *Network Analyst*. Ako vstup bola použitá cestná sieť z datasetu *cesty* a bodová vrstva *Stanice\_HBZS\_HZS* obsahujúca stanice HBZS a HZS - Obr. č. 9 z datasetu *Objekty*. Stanice sú definované ako východzie body v sieti (v ArcGIS označované ako *Facilities*), v ktorých okolí sa určuje doba dojazdu. Doba potrebná k prekonaniu vzdialeností (jednotlivých línii) sa akumuluje pozdĺž ohodnotených hrán siete smerom od týchto východzích bodov.



Obr. č. 9 Výber východných bodov v sieti

Pred vykonaním samotnej analýzy bolo potrebné zvolit' parameter ohodnotenia siete (Obr. č. 10), podľa ktorého sa bude analýza spracúvať, ako aj časové intervaly, pre ktoré sa bude vizualizovať. Postupne som zvolil hodnoty pre dennú dobu (hustejšia premávka) a nočnú dobu (mimo dopravnej špičky), zadefinované pri ohodnotení siete, intervaly boli určené od 7 minút v 3 minútových rozmedziach do 25 minút.



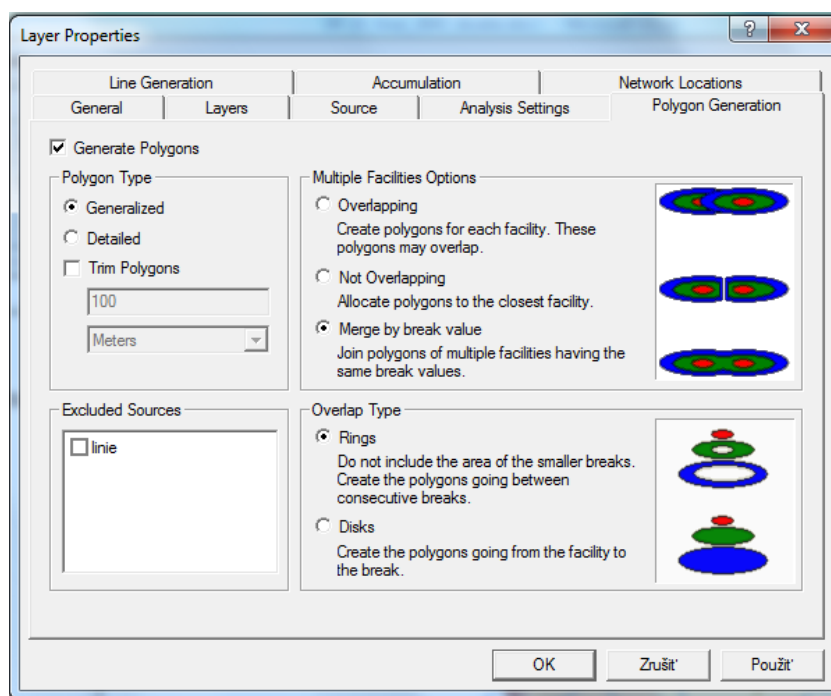
Obr. č. 10 Nastavenie parametrov pre analýzu doby dojazdu

V prípade analýzy doby dojazdov pre vozidlá HBZS, resp. HZS bol tento čas braný ako doba medzi výjazdom vozidla a príchodom na miesto určenia.

Oblasti môžu byť zo siete ciest vygenerované ako:

- Generalizované – polygóny spájajú konce príslušných línií priamkou, pričom sú vyplnené aj priestory medzi cestami, a tieto som použil ako výstup
- Detailné – sú vytvorené pomocou obalovej zóny (bufferu) okolo línií definujúcich cesty, kde je možnosť nastavenia veľkosti tejto zóny,

nastavenie pre túto analýzu je vidno na *Obr. č. 11*



**Obr. č. 11** Nastavenie generovania polygónov pre analýzu doby dojazdu

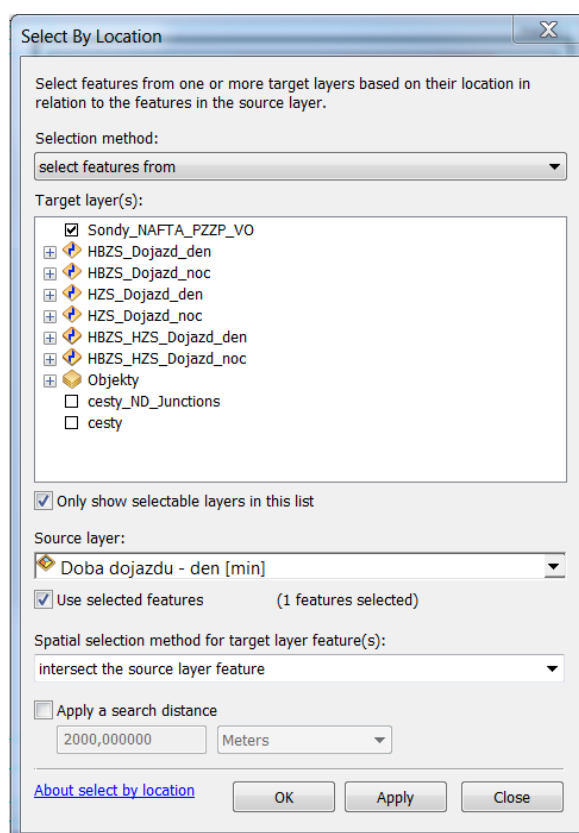
Ako výsledok analýzy vznikli oblasti (polygóny), ktoré vyjadrujú doby dojazdov k objektom spoločnosti pre vozidlá a obdobie:

- HBZS pre dennú dobu – *Príloha č. 1*
- HBZS pre nočnú dobu – *Príloha č. 2*
- HZS pre dennú dobu – *Príloha č. 3*

- HZS pre nočnú dobu – *Príloha č. 4*
- HBZS spoločne s HZS pre dennú dobu – *Príloha č. 5*
- HBZS spoločne s HZS pre nočnú dobu – *Príloha č. 6*

Pre získanie počtu sond podľa ich typov v príslušnom časovom intervale som si z bodovej triedy geoprvkov importovanej v geodatabáze a obsahujúcej všetky sondy, na základe selekcie podľa atribútu *DRUH* vytvoril súbory, ktorých obsahom sú sondy patriace divízii PZZP a divízii PaŤ spoločnosti NAFTA, resp. spoločnosti POZAGAS. Z týchto som pomocou selekcie na základe atribútu *STATUS* vytvoril ďalšie triedy geoprvkov, z ktorých boli následne zisťované počty sond, nachádzajúcich sa v jednotlivých pásmach dojazdov.

Tieto počty som zisťoval pomocou príkazu *Select by Location* (Obr. č. 12), pričom boli postupne vyberané sondy podľa príslušnosti k divízii a súčasne podľa ich typu a prienikom s vybraným (selektovaným) polygónom časového intervalu identifikoval sondy, nachádzajúce sa v jeho rozsahu.



Obr. č. 12 Selekcia a výber sond z časových intervalov

Na základe takto získaných údajov som spravil prehľadné tabuľky s uvedením počtu sond a súčasne porovnaním podľa obdobia, roztriedených podľa typu a časového intervalu, pre jednotlivé analýzy časovej dostupnosti od stanice (-íc) :

- HBZS v porovnaní pre dennú s nočnou dobou - *Tab. č. 9*
- HZS v porovnaní pre dennú s nočnou dobou - *Tab. č. 10*
- HBZS spolu s HZS v porovnaní pre dennú s nočnou dobou - *Tab. č. 11*

**Tab. č. 9 Porovnanie počtu sond s intervalmi doby dojazdu pre HBZS**

DEŇ / NOC	NAFTA a.s.					POZAGAS a.s.		
HBZS	D PZZP			D PaŤ		PZZP		
interval doby dojazdu (min.)	PZZP V/O	K/P/O	UBV	Ť	O/P	PZZP V/O	K / P	UBV
0,0 – 7,0	2 / 15	2 / 14	1 / 1	- / -	- / -	- / -	- / -	- / -
7,1 – 10,0	38 / 25	43 / 31	- / -	- / 2	- / -	20 / 22	5 / 14	- / -
10,1 – 13,0	- / -	- / -	- / -	12 / 15	2 / 3	35 / 55	14 / 14	2 / 2
13,1 – 16,0	4 / 49	2 / 6	- / -	10 / 9	3 / 4	25 / 3	13 / 4	- / -
16,1 – 19,0	80 / 61	15 / 31	- / 2	9 / 19	2 / 9	- / -	- / -	- / -
19,1 – 22,0	26 / -	24 / 8	2 / -	18 / 4	10 / 1	- / -	- / -	- / -
22,1 – 24,0	- / -	5 / 1	- / -	- / -	- / -	- / -	- / -	- / -



Tab. č. 10 Porovnanie počtu sond s intervalmi doby dojazdu pre HZS

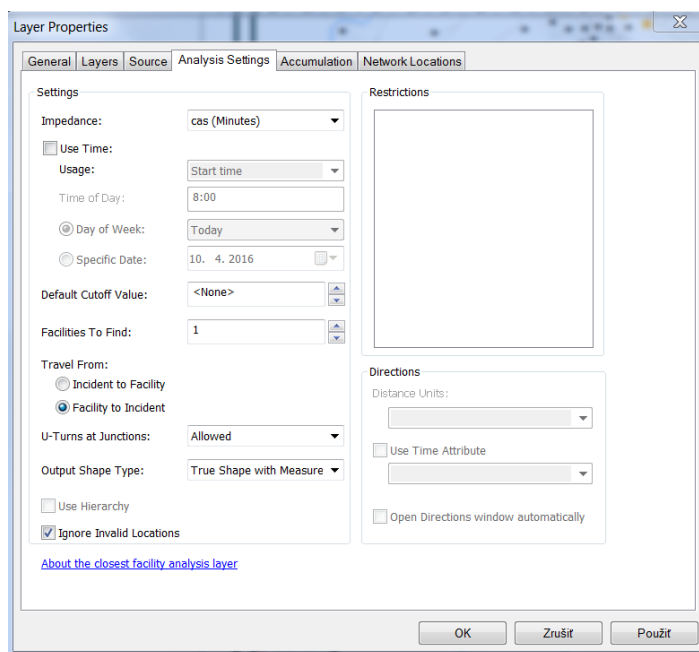
DEŇ / NOC	NAFTA a.s.					POZAGAS a.s.		
HZS	D PZZP			D PaŤ		PZZP		
interval doby dojazdu (min.)	PZZP V/O	K/P/O	UBV	Ť	O/P	PZZP V/O	K / P	UBV
0,0 – 7,0	1 / 12	- / 4	- / -	4 / 5	2 / 2	58 / 58	18 / 18	2 / 2
7,1 – 10,0	69 / 86	33 / 43	- / 2	4 / 11	2 / 4	9 / 11	2 / 3	- / -
10,1 – 13,0	69 / 46	39 / 32	3 / 1	34 / 29	11 / 9	5 / 10	7 / 9	- / -
13,1 – 16,0	11 / 6	17 / 12	- / -	3 / 2	1 / 1	8 / 1	5 / 2	- / -
16,1 – 19,0	- / -	2 / -	- / -	4 / 2	- / -	- / -	- / -	- / -
19,1 – 22,0	- / -	- / -	- / -	- / -	1 / -	- / -	- / -	- / -
22,1 – 24,0	- / -	- / -	- / -	- / -	- / 1	- / -	- / -	- / -

Tab. č. 11 Porovnanie počtu sond s intervalmi doby dojazdu pre HBZS spolu s HZS

DEŇ / NOC	NAFTA a.s.					POZAGAS a.s.		
HBZS+HZS	D PZZP			D PaŤ		PZZP		
interval doby dojazdu (min.)	PZZP V/O	K/P/O	UBV	Ť	O/P	PZZP V/O	K / P	UBV
0,0 – 7,0	3 / 27	1 / 17	- / 1	4 / 5	2 / 2	58 / 58	18 / 18	2 / 2
7,1 – 10,0	84 / 78	49 / 44	1 / 1	4 / 13	2 / 4	20 / 22	5 / 14	- / -
10,1 – 13,0	52 / 39	22 / 18	2 / 1	35 / 27	11 / 9	2 / -	9 / -	- / -
13,1 – 16,0	11 / 6	17 / 12	- / -	3 / 3	1 / 2	- / -	- / -	- / -
16,1 – 19,0	- / -	2 / -	- / -	3 / 1	1 / -	- / -	- / -	- / -
19,1 – 22,0	- / -	- / -	- / -	- / -	- / -	- / -	- / -	- / -
22,1 – 24,0	- / -	- / -	- / -	- / -	- / -	- / -	- / -	- / -

## 10.2 Vytvorenie optimálnych trás prístupových komunikácií

Pri vyhľadani lokalizácie som ako *Facilities* definoval stanicu HBZS a ako *Incident* vrstvu obsahujúcu sondy. Pri nastavení analýzy podľa Obr. č. 13 som zadal parameter pre *Impedance* hodnoty času pre nočnú dobu, pričom som predpokladal, že pokiaľ boli upravené zadefinované časy pre dennú dobu konštantne, a aj to len pre vyššie triedy ciest, nemalo by pri nastavení parametru dennej doby prísť k iným výsledkom analýz, čo som aj prakticky preveril. Pri ďalšom parametre *Default Cutoff Value* som ponechal nastavenia ako *None*, čím boli najbližšie zariadenie nájdené bez ohľadu na to, ako sú vzdialené.



Obr. č. 13 Nastavenie parametrov analýzy pre vytvorenie optimálnych trás

Výsledkom tejto analýzy je vrstva s líniovou triedou prvkov, zobrazená na Prílohe č. 7, predstavujúcimi najrýchlejšie trasy prístupových komunikácií k jednotlivým sondám. V tejto vrstve je, okrem iných, podľa Obr. č. 14 definovaný atribút *Name*, ktorého obsahom sú názvy jednotlivých vytvorených trás od stanice HBZS k sondám, vzniknutých analýzou.

ObjectID	Shape	Name	IncidentCurbApproach	FacilityCurbApproach	Fac
1	Polyline M	HBZS Lozorno - A008	Left side of vehicle	Left side of vehicle	
2	Polyline M	HBZS Lozorno - A010	Left side of vehicle	Left side of vehicle	
3	Polyline M	HBZS Lozorno - A011	Left side of vehicle	Left side of vehicle	
4	Polyline M	HBZS Lozorno - A013	Left side of vehicle	Left side of vehicle	
5	Polyline M	HBZS Lozorno - A014	Left side of vehicle	Left side of vehicle	
6	Polyline M	HBZS Lozorno - A015	Left side of vehicle	Left side of vehicle	
7	Polyline M	HBZS Lozorno - A023	Left side of vehicle	Left side of vehicle	
8	Polyline M	HBZS Lozorno - A024	Left side of vehicle	Left side of vehicle	
9	Polyline M	HBZS Lozorno - A025	Left side of vehicle	Left side of vehicle	
10	Polyline M	HBZS Lozorno - A026	Left side of vehicle	Left side of vehicle	
11	Polyline M	HBZS Lozorno - A027	Left side of vehicle	Left side of vehicle	
12	Polyline M	HBZS Lozorno - A028	Left side of vehicle	Left side of vehicle	
13	Polyline M	HBZS Lozorno - A029	Left side of vehicle	Left side of vehicle	
14	Polyline M	HBZS Lozorno - A030	Left side of vehicle	Left side of vehicle	
15	Polyline M	HBZS Lozorno - A045	Left side of vehicle	Left side of vehicle	
16	Polyline M	HBZS Lozorno - A046	Left side of vehicle	Left side of vehicle	
17	Polyline M	HBZS Lozorno - A047	Left side of vehicle	Left side of vehicle	
18	Polyline M	HBZS Lozorno - B004	Left side of vehicle	Left side of vehicle	
19	Polyline M	HBZS Lozorno - B007	Left side of vehicle	Left side of vehicle	
20	Polyline M	HBZS Lozorno - B011	Left side of vehicle	Left side of vehicle	
21	Polyline M	HBZS Lozorno - B012	Left side of vehicle	Left side of vehicle	
22	Polyline M	HBZS Lozorno - B013	Left side of vehicle	Left side of vehicle	
23	Polyline M	HBZS Lozorno - B014	Left side of vehicle	Left side of vehicle	
24	Polyline M	HBZS Lozorno - B015	Left side of vehicle	Left side of vehicle	
25	Polyline M	HBZS Lozorno - B016	Left side of vehicle	Left side of vehicle	

Obr. č. 14 Atribúty vytvorenej líniovej triedy prvkov

Na základe tohto atribútu som pomocou selekcie vytvoril vrstvy obsahujúce líniové triedy prvkov pre každú sondu zvlášť, a roztriedil ich podľa názvov lokalít (DÚBRAVA, GAJARY, GAJARY Z, JAKUBOV, LAB, LAB\_Z, LAB\_Z\_O, SUCHOHRAD, SUCHOHRAD\_Z).

Tieto výstupy budú predstavovať podstatnú časť obsahu mapových podkladov pri vytvorení kartotéky, ktorá bude slúžiť pre členov HBZS pri výjazdoch, či už cvičných alebo „ostrých“, ku ktorým, verím, že nikdy nepríde. Vzhľadom k rozsahu takejto kartotéky (v konečnom stave cca 500 ks mapových podkladov) som pre účely tejto práce vytvoril „ukážkový“ mapový podklad a tvorí *Prílohu č. 8* tejto práce. Predmetný obsah a rozsah mapy sme prerokovali na spoločnom stretnutí a bol odsúhlasený zodpovedným zamestnancom HBZS.

Pri analýze najbližších zariadení – technologických a administratívnych objektov ako aj vhodných zdrojov vody pre techniku HBZS v prípade krízových situácií som postupoval obdobne ako v prípade analýzy najbližších zariadení – sond.

V obci Plavecký Štvrtok, na trase ideálnych prístupových ciest k sondám prislúchajúcim stredisku CA PZZP, resp. ZPS Láb 3 sa nachádza chránené železničné priecestie na trase Bratislava – Brno. Zo skúseností mám zistené, že toto býva často

poruchové, pričom sa na miestnej komunikácii vytvárajú rozsiahle kolóny a s tým súvisiace zápchy. Na *Prílohe č. 9* som sa snažil znázorniť ideálne trasy (najrýchlejšie) k sondám strediska CA PZZP vo vzťahu k alternatívnym trasám, ktoré vznikli po analýze v prípade zadania prekážky (bodovej) na mieste tohto železničného priecestia. Atribúty ideálnych trás som prepojil s pomocou atribútu *Name* s atribútmi alternatívnych trás a vytvoril nový shapefile. Po exporte atribútovej tabuľky z tohto vytvoreného súboru do MS Excel som na základe rozdielov v časoch dojazdov k jednotlivým sondám zistil, že v prípade použitia alternatívnych trás sa doba dojazdu na predmetné sondy predĺži v priemere až o cca 4 minúty.

### 10.3 Trasy komunikácií od stredísk k príslušným sondám

Pri analýze prístupových komunikácií od stredísk k sondám, ktorých vytvorená cestná sieť má byť jednou z grafických príloh havarijného plánu som postupoval rovnakým spôsobom ako pri vyhľadaní lokalizácie sond od stanice HBZS. Ako *Facilities* bolo v jednotlivých prípadoch definované stredisko a ako *Incident* vrstva obsahujúca sondy. Tieto vrstvy, obsahujúce sondy patriace k príslušnému stredisku, som si vopred pripravil opäť pomocou selekcie podľa atribútov, v tomto prípade atribútu *Stredisko*. Parameter analýzy pre *Impedance* bola hodnota času pre nočnú dobu. Pri ďalšom parametre *Default Cutoff Value* som ponechal nastavenia ako *None*, čím bolo najbližšie zariadenie nájdené bez ohľadu na to, ako je vzdialené.

Výsledok týchto analýz tvorí zásadnú časť obsahu mapových podkladov, ktoré som sa snažil prispôbiť priamo požiadavkám zamestnancov prevádzky spoločnosti, zložky HBZS a oddelenia HSE pre tieto sondy, prislúchajúcim jednotlivým strediskám spoločnosti NAFTA. Nižšie uvedené prílohy sú vytvorené ako vzor, na základe ktorých spracujem aj prístupové cesty k ostatným strediskám:

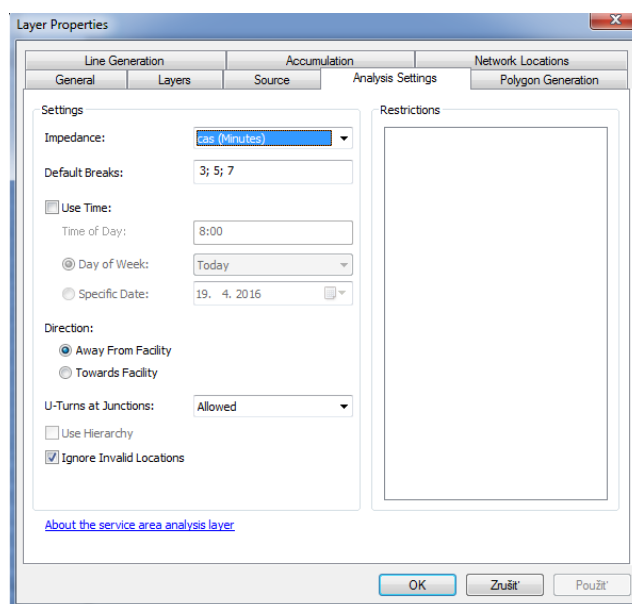
- Centrálny areál PZZP Láb (NAFTA a.s.) – *Príloha č. 10*
- ZS 4 Gajary (NAFTA a.s.) – *Príloha č. 11*
- ZS 6 Malacky (POZAGAS a.s.) – *Príloha č. 12*

## 10.4 Trasy komunikácií od zdrojov vody k sondám

Na základe spoločných rokovaní v rámci spoločnosti so zodpovedným zamestnancom HBZS bolo dohodnuté, že užitočnou pomôckou pre zložku HBZS, a súčasne aj pre havarijný plán spoločnosti, by bola vizualizácia prístupových komunikácií od vybraných vhodných zdrojov vody k sondám v prípade krízových situácií. V tomto prípade som ako vzorový použil vodný zdroj *Jakubov Lúčky*, na základe ktorého následne vyhotovím aj pre ostatné vodné zdroje.

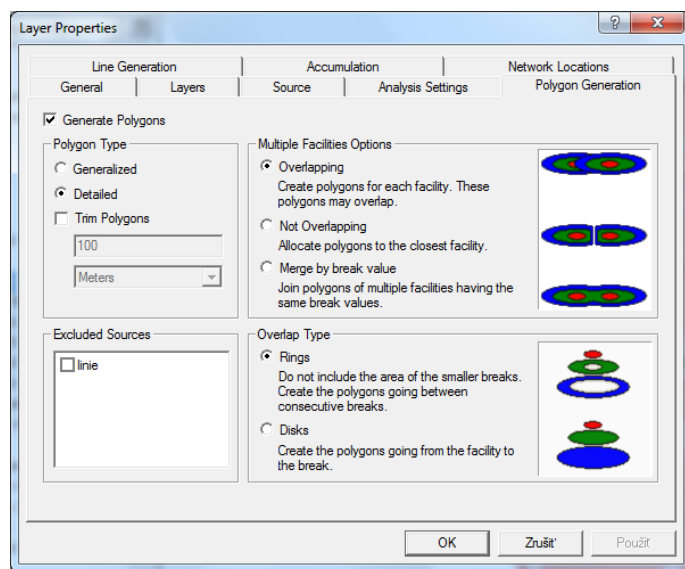
Úlohu som sa pokúsil vyriešiť viacerými krokmi a to:

- Vytvorenie *Service Area*, pre lokalitu zdroja vody Jakubov Lúčky – táto bola nastavená ako *Facilities* a pri zadaní parametrov analýzy (podľa Obr. č. 15) som zadefinoval *Default Breaks* hodnotami 3; 5 a 7 minút.



Obr. č. 15 Nastavenie parametrov pre analýzu doby dojazdu od zdroja vody

- Pre generovanie polygónov som zadal *Polygon Type – Detailed* a *Multiple Facilities Options* ako *Overlapping* (Obr. č. 16). Výsledkom analýzy v tomto prípade sú tri detailné polygóny s predpokladanými dobami dojazdu, zobrazené na Prílohe č.13.



Obr. č. 16 Nastavenie polygónov pre analýzu doby dojazdu od zdroja vody

- funkciou *Select by Location* som prienikom (*intersect*) vytvoril bodové vrstvy prvkov so sondami bez rozdielu typu, resp. príslušnosti k divízii pre každý časový interval.
- pomocou *Closest Facility* som súčasne pre predmetný zdroj vody spracoval analýzy, kde ako *Facilities* bol zdroj vody, ako *Incidents* bodové vrstvy prvkov, obsahujúce sondy, nachádzajúce sa v jednotlivých časových intervaloch. Pri nastavení analýz som zadal parameter pre *Impedance* opäť hodnoty času pre *nočnú dobu*. Pri ďalšom parametre *Default Cutoff Value* som ponechal nastavenia ako *None*. Boli vytvorené líniové triedy prvkov so sieťou prístupových komunikácií od zdroja vody k sondám.

Pre samotnú vizualizáciu som farebne rozlíšil prístupové cesty podľa doby dojazdu, takisto aj dotknuté sondy. Táto tvorí Prílohu č. 14 tejto práce, pričom v *Tab. č. 12* sú uvedené počty sond , nachádzajúcich sa v optimálnych (čo najbližších) vzdialenostiach od zdroja vody Jakubov Lúčky.

Tab. č. 12 Počet sond s intervalmi doby dojazdu od zdroja vody

Zdroj vody	interval dojazdu (min.)		
	0,0 – 3,0	3,1 – 5,0	5,1 – 7,0
Jakubov Lúčky	26	48	100

## 11 ZÁVER

V úvodnej, teoretickej časti práce bola v krátkosti predstavená spoločnosť NAFTA a.s. – jej hlavný predmet činnosti, najdôležitejšie právne normy a predpisy, v rámci ktorých podniká a stručný popis problematiky záchranných prác na sondách podzemného zásobníka plynu. V ďalšej časti sú popísané modely všeobecne používané v GIS, ako aj prehľad vektorových dátových formátov SW, ktoré používam pri výkone mojej pracovnej náplne..

V praktickej časti som na začiatku vytvoril sieť prístupových komunikácií k jednotlivým objektom vo vlastníctve, resp. správe spoločnosti. Úsekom ciest som priradil ohodnotenie vo forme priemernej rýchlosti, akou sa vozidlá HBZS môžu po nich pohybovať a to pre dennú aj nočnú dobu v prípade vzniku mimoriadnej, krízovej situácie na objekte PZZP, príp. objekte ťažby vlastných zdrojov uhl'ovodíkov.

Pomocou vytvorenej siete som vykonal analýzu doby dojazdu v dennej, ako aj v nočnej dobe pre vozidlá zložiek HBZS, HZS, resp. spoločne. Výsledkom týchto analýz sú polygóny, určujúce oblasti, do ktorých by sa vozidlá záchranných zložiek mali v definovaných časových intervaloch (7; 10; 13; 16; 19; 22; 24 min.) dostať.

Porovnať získané hodnoty doby dojazdov s reálnymi časmi sa nepodarilo, zložka HBZS takýmito údajmi (našťastie pre prevádzku PZZP) nedisponuje. Na vybraté miesta bola porovnaná doba dojazdu podľa výsledných polygónov, resp. vytvorenej siete s mapovým serverom google.maps.com. Pri miestach verejne prístupných (napr. stred mesta, križovatka štátnych ciest) sa výsledné hodnoty získané pomocou analýz neodlišovali výrazne (cca 1 – 2 minúty). Naopak pri porovnávaní doby dojazdu priamo k objektom PZZP, resp. ťažobnej siete, kde sa výsledky doby dojazdu odlišovali výrazne, v niektorých oblastiach sa trasa s dobou dojazdu priamo k objektu spoločnosti, nedala určiť vôbec. Ako už bolo spomenuté, predpokladám, že to je spôsobené predovšetkým sieťou účelových komunikácií, účelom ktorých je samotný prístup k objektom PZZP, resp. ťažby.

Trasy prístupových ciest k objektom organizácie evidujeme v SW KOKEŠ, ktorý neumožňuje analytické funkcie porovnateľné so SW ArcGIS. Preto som pre porovnanie doteraz evidovaných trás s optimalizovanými, pomocou konverzie zo SW KOKEŠ vyrobil líniové triedy prvkov, obsahujúce pôvodné trasy prístupových ciest k objektom ťažobnej organizácie. V SW ArcGIS som pomocou sieťových analýz, resp. funkcie Closest Facility

spravil analýzu prístupových ciest k objektom (sondám) od príslušného zberného strediska, ku ktorému technologicky náležia. Pri nastavení som ako *Impedance* zvolil jednak dĺžku, ako aj čas. Po vytvorení takýchto výstupov som vizuálne porovnal nové prístupové cesty vygenerované analýzou, s pôvodnými trasami prístupových ciest, získaných konverziou z formátu VYK, SW KOKEŠ. Keďže skoro ku každému objektu (sonde) sú vybudované prístupové cesty (asfaltové, betónové, makadamové), po porovnaní som nezistil významné rozdiely v doteraz evidovaných trasách prístupových ciest s novo vygenerovanými, získaných sieťovými analýzami.

Ďalej som vytvoril mapové podklady pre grafickú časť havarijného plánu spoločnosti. V zmysle vytvorenia „kartotéky“ boli spracované trasy prístupových komunikácií s najkratšou dobou dojazdu zo stanice HBZS Lozorno k jednotlivým objektom PZZP, resp. objektom ťažby uhl'ovodíkov. Takisto som spracoval mapové podklady, na ktorých sú znázornené prístupové komunikácie z každého technologického strediska k sondám, ktoré ku nemu technologicky prislúchajú. Ako posledná časť práce bol spracovaný vzor prehľadnej mapy, na ktorej je zobrazený jeden z vhodných zdrojov vody pre záchranné zložky v prípade mimoriadnej udalosti, s vyznačením prístupových komunikácií k sondám s intervalmi predpokladanej doby dojazdu od zdroju vody k sonde.



## POUŽITÁ LITERATÚRA

- 1 *Zákon č. 569/2010 Zb. o geologických prácach v znení neskorších predpisov (geologický zákon)*
- 2 *Zákon č. 44/1988 Zb. o ochrane a využití nerastného bohatstva v znení neskorších predpisov (banský zákon)*
- 3 *Zákon č. 51/1988 o banskej činnosti, výbušninách a o štátnej banskej správe*
- 4 *Na západnom Slovensku sa nachádzajú podzemné zásobníky plynu [cit. 2015-04-01]. Dostupné na WWW: < <http://energia.dennikn.sk/tema/zemny-plyn-a-teplo/na-zapadnom-slovensku-sa-nachadzaju-podzemne-zasobniky-plynu/7548/>>*
- 5 *Bezpečnosť prevádzky zásobníkov je pre spoločnosť NAFTA alľou a omegou [cit.2015-04-02]. Dostupné na WWW: <[http://www.szn.sk/slovgas/Casopis/2014/3/2014\\_3\\_05.pdf](http://www.szn.sk/slovgas/Casopis/2014/3/2014_3_05.pdf)>.*
- 6 *Zákon č. 129/2002 Z. z. o integrovanom záchrannom systéme*
- 7 *Banská záchranná služba v NAFTA a.s. Gbely [cit 2014-08-03]. Dostupné na WWW: < [http://www.szn.sk/slovgas/Casopis/2003/2/2003\\_2\\_10.pdf](http://www.szn.sk/slovgas/Casopis/2003/2/2003_2_10.pdf)>*
- 8 *Vyhláška Ministerstva životného prostredia SR č. 490/2002 Z. z. o bezpečnostnej správe a o havarijnom pláne*
- 9 *Výročná zpráva Komise GIS HZS ČR 2009 – 2012 [cit 2016-04-02]. Dostupné na WWW:< <http://gis.izscr.cz/wpgis/vyrocní-zprava-komise-gis-2009-2012/>>*
- 10 *BARLÍK, P. Analýza dostupnosti obvodných oddelení PZ SR aplikáciou nástrojov GIS-I [cit 2016-04-02] dostupné na WWW: <http://www.akademiapz.sk/sites/default/files/OVVP/PTP/2014/2/002%20BARL%C3%80DK,%20KRI%C5%BDAN,%20TOLM%C3%81%C4%8CI%20Anal%C3%BDza%20dostupnosti%20obvodn%C3%BDch%20oddelen%C3%AD%20PZ%20SR%20aplik%C3%A1ciou%20n%C3%A1strojov%20GIS-I.pdf>*
- 11 *MISYS systémová príručka [online]. GEPRO s.r.o. [cit 2015-01-10]. Dostupné na WWW: < [http://www.geos-veseli.cz/reference/prirucka\\_referencni\\_7.pdf](http://www.geos-veseli.cz/reference/prirucka_referencni_7.pdf)>*
- 12 *ArcGIS Desktop Help 9.3 [online]. ESRI [cit. 2015-02-13]. Dostupné na WWW: <<http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/index.cfm?TopicName=welcome>>*

- 13 SEDLÁČEK, J. *Úvod do teorie grafů*. Praha: Academia, 1981, 271 s, ISBN 21-102-81
- 14 SLADKÝ, J. *Síťové analýzy v GIS pro složky IZS*. Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta aplikovaných věd, Plzeň 2009 [cit 2014-10-11]. Dostupné na WWW: [http://gis.zcu.cz/studium/dp/2009/Sladky\\_Sitove\\_analyzy\\_v\\_GIS\\_pro\\_slozky\\_IZS\\_DP.pdf](http://gis.zcu.cz/studium/dp/2009/Sladky_Sitove_analyzy_v_GIS_pro_slozky_IZS_DP.pdf)
- 15 BRIEDA, M., *Prostorová analýza systému MHD v Kyjově*. Mendelova univerzita v Brně, Provozně ekonomická fakulta. Brno 2010 [cit 2015-01-30]. Dostupné na WWW: [http://is.mendelu.cz/zp/portal\\_zp.pl?podrobnosti=37522;lang=cz](http://is.mendelu.cz/zp/portal_zp.pl?podrobnosti=37522;lang=cz)
- 16 MAJER, T. *Problémy trasovania v rozsiahlych dopravných sieťach*, Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta riadenia a informatiky. Žilina 2013 [cit 2016-04-02] dostupné na WWW: [http://www.fri.uniza.sk/uploads/phd/14f-Majer\\_praca.pdf](http://www.fri.uniza.sk/uploads/phd/14f-Majer_praca.pdf)
- 17 PANTŮČKOVÁ, T. *Síťová analýza v GIS*, České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební Praha 2011 [cit 2014-10-11]. Dostupné na WWW: <http://geo.fsv.cvut.cz/proj/bp/2011/tereza-pantuckova-bp-2011.pdf>
- 18 Conolly, T. *Mistrovství-Databáze, Profesionální průvodce tvorbou efektivních databází*. Brno: Computer Press, 584 str., ISBN 978-80-251-2328-7

## **ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK**

### Slovenské skratky

IZS – Integrovaný záchranný systém

HBZS – Hlavná banská záchranná služba

HZS – Hasičská záchranná služba

PZZP – podzemný zásobník zemného plynu

PaŤ – prieskum a ťažba

D PZZP – divízia PZZP

D PaŤ – divízia PaŤ

DS – divízia služieb

D POSaV – divízia podzemných opráv sond a vrtby

NL – nebezpečné látky

GIS – geografický informačný systém

### Cudzojazyčné skratky

HAZOP – Hazard and Operability Study

ISRS – International Safety Rating System

BCP – Blowout Contingency Plan

TRT –Tactical Response Team

IMT – Incident Management Team

CMT – Crisis Management Team

ICS – Incident Command System

IC – Incident Commander

## ZOZNAM OBRÁZKOV

Obr. č. 1	Organizačná štruktúra spoločnosti.....	12
Obr. č. 2	Územný rozsah pôsobnosti spoločnosti.....	13
Obr. č. 3	Centrálny areál PZZP Gajary.....	15
Obr. č. 4	Zberné stredisko 3 Gajary.....	16
Obr. č. 5	Sonda PZZP s technológiou.....	16
Obr. č. 6	Riešené záujmové územie.....	38
Obr. č. 7	Založenie domény v geodatabáze .....	40
Obr. č. 8	Atribúty sieťového datasetu.....	44
Obr. č. 9	Výber východných bodov v sieti .....	46
Obr. č. 10	Nastavenie parametrov pre analýzu doby dojazdu .....	46
Obr. č. 11	Nastavenie generovania polygónov pre analýzu doby dojazdu.....	47
Obr. č. 12	Selekcia a výber sond z časových intervalov.....	48
Obr. č. 13	Nastavenie parametrov analýzy pre vytvorenie optimálnych trás .....	51
Obr. č. 14	Atribúty vytvorenej líniovej triedy prvkov .....	52
Obr. č. 15	Nastavenie parametrov pre analýzu doby dojazdu od zdroja vody .....	54
Obr. č. 16	Nastavenie polygónov pre analýzu doby dojazdu od zdroja vody .....	55

## ZOZNAM TABULIEK

Tab. č. 1	Prehľad počtu sond .....	36
Tab. č. 2	Prehľad počtu ostatných technologických objektov .....	36
Tab. č. 3	Vhodné prírodné zdroje vody v záujmovom území.....	37
Tab. č. 4	Atribúty cestnej siete .....	39
Tab. č. 5	Kódy a hodnoty pre doménu "povrch" .....	40
Tab. č. 6	Kódy a hodnoty pre doménu "typ" .....	41
Tab. č. 7	Kódy a hodnoty pre doménu "rychlost " .....	41
Tab. č. 8	Kódy a hodnoty pre doménu "sirka" .....	42
Tab. č. 9	Porovnanie počtu sond s intervalmi doby dojazdu pre HBZS.....	49
Tab. č. 10	Porovnanie počtu sond s intervalmi doby dojazdu pre HZS .....	50
Tab. č. 11	Porovnanie počtu sond s intervalmi doby dojazdu pre HBZS spolu s HZS ....	50
Tab. č. 12	Počet sond s intervalmi doby dojazdu od zdroja vody .....	55

## **ZOZNAM PRÍLOH**

- Príloha č. 1*    Analýza doby dojazdov zo stanice HBZS pre dennú dobu
- Príloha č. 2*    Analýza doby dojazdov zo stanice HBZS pre nočnú dobu
- Príloha č. 3*    Analýza doby dojazdov zo stanice HZS pre dennú dobu
- Príloha č. 4*    Analýza doby dojazdov zo stanice HZS pre nočnú dobu
- Príloha č. 5*    Analýza doby dojazdov zo stanice HBZS spoločne s HZS pre dennú dobu
- Príloha č. 6*    Analýza doby dojazdov zo stanice HBZS spoločne s HZS pre nočnú dobu
- Príloha č. 7*    Sieť prístupových komunikácií od stanice HBZS k sondám
- Príloha č. 8*    Prístupová cesta od stanice HBZS k sonde PZZP
- Príloha č. 9*    Porovnanie ideálnych a alternatívnych ciest k sondám CA PZZP
- Príloha č. 10*   Prístupové cesty od strediska CA PZZP Láb k sondám
- Príloha č. 11*   Prístupové cesty od strediska ZS4 Gajary k sondám
- Príloha č. 12*   Prístupové cesty od strediska ZS6 Malacky k sondám
- Príloha č. 13*   Analýza doby dojazdu od zdroja vody Jakubov Lúčky
- Príloha č. 14*   Prístupové cesty od zdroja vody Jakubov Lúčky k sondám